

Dr. Geologo Roby VUILLERMOZ

Tel 016541854 - **3358079496**
Partita IVA 00621420074

rue Charrey, 6 – 11100 AOSTA (AO)
studio@vuillermoz.it
C.F. VLL RBY 69A25 A326A



Regione Autonoma Valle d'Aosta
Comune di Issogne
Région Autonome Vallée d'Aoste
Commune de Issogne



*Nuova autorizzazione
coltivazione cava di pietrame
denominata "Mure"*

Committente:
SERVIVAL srl
Commessa:
19145RG
Emissione:
febbraio 2024
Versione:
1

PROGETTO MUNICIPALE

- **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**
- **MODELLAZIONE SISMICA**
- **STUDIO DI COMPATIBILITÀ**

SOMMARIO

1. GENERALITÀ.....	6
1.1 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA	6
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E MODALITÀ PROGETTUALI.....	11
3.1 DEFINIZIONE DELLA TIPOLOGIA DI CAVA E DELLE MODALITÀ DI COLTIVAZIONE.....	17
3.1.1 <i>Tipologia di cava.....</i>	17
3.1.2 <i>Tecniche di coltivazione.....</i>	17
3.1.3 <i>Descrizione delle fasi progettuali.....</i>	17
4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	19
4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA	19
4.2 CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE	20
4.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....	21
4.4 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE	23
4.5 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA	23
4.6 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA.....	27
4.7 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	29
4.7.1 <i>Catasto Dissesti Regionale SCT.....</i>	29
4.7.2 <i>Piano stralcio dell'Assetto Idrogeologico.....</i>	33
4.7.3 <i>Dati PSInSAR™.....</i>	33
4.7.4 <i>Opere di difesa esistenti.....</i>	36
4.8 PROBLEMATICHE RELATIVE ALLA PRESENZA DI AMIANTO	38
5. PRAE.....	43
6. AMBITI INEDIFICABILI E VINCOLI TERRITORIALI	45
7. MODELLAZIONE SISMICA	50
7.1 PREMESSE	50
7.2 DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO	52
7.3 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	53
7.4 DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI.....	55
7.4.1 <i>Fase di coltivazione.....</i>	55
7.4.2 <i>Fase di ripristino ambientale</i>	57
7.5 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	59
7.5.1 <i>Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss.....</i>	60
7.5.2 <i>Coefficiente di amplificazione topografica St</i>	61
7.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	61
7.6.1 <i>Stabilità alla liquefazione.....</i>	62
8. ASSETTO GEOSTRUTTURALE	64
8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO	64
8.2 IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK & BROWN (2002)	64
8.3 GEOLOGICAL STRENGHT INDEX.....	66
8.4 PARAMETRI GEOMECCANICI UTILIZZATI PER LE ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI	67
8.5 VERIFICHE CINEMATICHE.....	68
8.5.1 <i>Pendii analizzati.....</i>	68
8.5.2 <i>Cenni teorici.....</i>	69
8.5.3 <i>Scivolamento/scorrimento planare.....</i>	72
8.5.4 <i>Scivolamento/scorrimento di cunei</i>	73
8.5.5 <i>Ribaltamento</i>	73
8.6 RISULTATI DEL TEST	74
8.7 SINTESI DEI RISULTATI.....	76
8.8 VALUTAZIONE VOLUMI INSTABILI.....	76
8.9 DEFINIZIONE DEI VOLUMI UNITARI (VRU).....	77
8.9.1 <i>Evento medio atteso</i>	77

Collaboratori: dott. geol. iunior Alessandro Zoja
dott. geol. Manuel Bertholin

9.	ANALISI TRAIETTOGRAFICHE CON IL SOFTWARE ROCKYFOR3D	78
9.1	GENERALITÀ	78
9.2	IL MODELLO ROCKYFOR 3D.....	78
9.2.1	<i>Algoritmi di calcolo.....</i>	79
9.2.2	<i>Traiettorie di caduta.....</i>	79
9.2.3	<i>Dissipazione dell'energia.....</i>	80
9.2.4	<i>Calcolo della velocità di caduta.....</i>	81
9.2.5	<i>Impatto con la foresta</i>	82
9.2.6	<i>Limitazioni del modello.....</i>	82
9.3	RASTER DI INPUT E DI OUTPUT DELLA SIMULAZIONE CON ROCKYFOR3D.....	82
9.3.1	<i>Files di input</i>	83
9.3.2	<i>Simulazioni con popolamento forestale</i>	84
9.3.3	<i>Simulazioni con opere di difesa.....</i>	84
9.4	IMPOSTAZIONI DELLA SIMULAZIONE	84
9.4.1	<i>Simulazioni di crollo</i>	85
9.5	FILES DI OUTPUT	94
9.5.1	<i>Simulazioni di crollo - "situazione di progetto (centro di recupero)"</i>	95
9.5.2	<i>Simulazioni di crollo – falesie incidenti sull'area di cava Mecca.....</i>	101
9.6	CONCLUSIONE VERIFICHE 3D: QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO	106
10.	QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO	111
10.1	PREMESSE	111
10.2	DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI RISCHIO INDIVIDUALE.....	111
10.3	QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO.....	113
10.4	ANALISI DEGLI EVENTI PREGRESSI	113
10.5	TEMPO DI ESPOSIZIONE	114
10.6	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ.....	114
10.6.1	<i>Addetto a piedi</i>	116
10.6.2	<i>Valutazione del rischio – Addetto a piedi.....</i>	116
10.6.3	<i>Valutazione del rischio effettivo – Addetto a piedi.....</i>	117
10.6.4	<i>Addetto sul mezzo.....</i>	118
10.6.5	<i>Valutazione del rischio – Addetto sul mezzo</i>	118
10.6.6	<i>Valutazione del rischio effettivo – Addetto sul mezzo</i>	119
10.6.7	<i>Opere di mitigazione da prevedere</i>	120
10.7	VALUTAZIONE DEL RISCHIO EFFETTIVO FINALE	120
10.7.1	<i>Addetto a piedi</i>	121
10.7.2	<i>Addetto sul mezzo.....</i>	124
10.8	CONCLUSIONI	127
11.	INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA.....	128
12.	VERIFICHE DI CADUTA MASSI NELLA FASE DI RECUPERO AMBIENTALE	130
12.1	PREMESSA.....	130
12.2	ANALISI TRAIETTOGRAFICHE	130
12.2.1	<i>Sezione 6 lunga – 1 mc.....</i>	135
12.2.2	<i>Sezione 6 corta - 1 mc</i>	136
12.3	CONCLUSIONI DELLE TRAIETTOGRAFIE	136
13.	VERIFICHE DI STABILITÀ CON IL SOFTWARE SLIDE - ROCSCIENCES INC.	137
13.1	PREMESSE	137
14.	VERIFICHE DI STABILITÀ: VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	139
14.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	139
14.1.1	<i>Azioni</i>	140
14.1.2	<i>Resistenze</i>	140
15.	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI: SIMULAZIONI.....	141
15.1	FRONTI DI SCAVO E RILEVATI.....	141
15.2	SIMULAZIONI ESEGUITE	141
15.3	VALORI CARATTERISTICI	143
15.4	VERIFICHE	146

15.5	AZIONI SISMICHE	147
15.5.1	<i>Azioni sismiche in fase di coltivazione</i>	150
15.5.2	<i>Azioni sismiche in fase di recupero ambientale</i>	151
15.6	BACK-ANALYSIS	151
15.6.1	<i>Sezione 6ba – back analysis – Metodo: Bishop semplificato</i>	154
15.6.2	<i>Valori di back analysis</i>	156
15.7	SITUAZIONE DI PROGETTO.....	156
15.8	VERIFICHE DI STABILITÀ IN FASE DI COLTIVAZIONE	157
15.8.1	<i>Impostazione del modello – fase di coltivazione</i>	158
15.8.2	<i>Valori di riferimento del modello geologico considerato – fase di coltivazione</i>	159
15.8.3	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – condizioni statiche</i>	164
15.8.4	<i>Sezione 2 – fase di coltivazione – condizioni statiche</i>	166
15.8.5	<i>Sezione 6 – fase di coltivazione – condizioni statiche</i>	168
15.8.6	<i>Sezione 6 – fase di coltivazione intermedia – condizioni statiche</i>	170
15.8.7	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – condizioni statiche</i>	172
15.8.8	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – parte bassa – condizioni statiche</i>	174
15.8.9	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – condizioni sismiche</i>	176
15.8.10	<i>Sezione 2 – fase di coltivazione – condizioni sismiche</i>	178
15.8.11	<i>Sezione 6 – fase di coltivazione – condizioni sismiche</i>	180
15.8.12	<i>Sezione 6 – fase di coltivazione intermedia – condizioni sismiche</i>	182
15.8.13	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – condizioni sismiche</i> 184	
15.8.14	<i>Sezione 1 – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – parte bassa – condizioni sismiche</i>	186
15.9	VERIFICHE DI STABILITÀ IN FASE DI RECUPERO AMBIENTALE	188
15.9.1	<i>Impostazione del modello – recupero ambientale</i>	189
15.9.2	<i>Valori di riferimento del modello geologico considerato – recupero ambientale</i>	189
15.9.3	<i>Sezione 6 – recupero ambientale – condizioni statiche</i>	193
15.9.4	<i>Sezione 6 – recupero ambientale – condizioni sismiche</i>	195
15.10	RISULTATI DELLE VERIFICHE	197
16.	ANALISI PEDOLOGICA.....	198
17.	SPECIFICO STUDIO SULLA COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE E SULL'ADEGUATEZZA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IN ATTO E DI QUELLE CONSEGUIBILI CON LE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO NECESSARIE	199
18.	COERENZA CON IL PTA	203
18.1	ARTICOLO 19	203
18.2	ARTICOLO 42	203
18.3	ARTICOLO 43	203
19.	COERENZA CON L'ART 41 L.R. 11/98 E RD 523 1904	204
20.	CONFORMITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO	205
21.	PRECAUZIONI PROGETTUALI E MODALITÀ OPERATIVE	206
22.	CONCLUSIONI.....	208
23.	ALLEGATI.....	209

1. GENERALITÀ

Su incarico del committente è stata eseguita un'indagine geologico-tecnica riguardante il progetto di nuova autorizzazione della coltivazione e recupero ambientale della cava di pietrame denominata "Mure", nel comune di Issogne.

Al fine di raggiungere la piena conoscenza dell'area oggetto dell'opera, si è proceduto all'esecuzione di una campagna di rilievi, all'analisi delle fotografie aeree disponibili ed allo studio della letteratura esistente circa il sito in questione.

Il contenuto della presente è conforme a:

- D.M. 11.03.88 – *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno sulle terre e delle opere di fondazione"*;
- D.M. 17.01.18 – Aggiornamento delle *"Norme tecniche per le costruzioni"*;
- CIRCOLARE n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP con oggetto: *Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*;
- Legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 e s.m.i. – *Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta*;
- Deliberazione della Giunta regionale n. 2939 del 10 ottobre 2008 – *Approvazione delle nuove disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998 n. 11 previste agli artt. 35, 36 e 37 in sostituzione dei capitoli I, II e III dell'allegato a alla deliberazione della giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008 – e s.m.i.*;
- Legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 e s.m.i. – *Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche*;
- Legge regionale 13 marzo 2008, n. 5 – *Disciplina delle cave, delle miniere e delle acque minerali naturali, di sorgente e termali*;
- norme UNI 11211-1 del 2018;
- norme UNI 11211-2 del 2007-2021;
- norme UNI 11211-3 del 2018;
- norme UNI 11211-4 del 2018;
- norme UNI EN 1997-1;
- norme UNI EN 1997-2.

1.1 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – foglio 91 (Chatillon): carta e note illustrative - G.V. Dal Piaz, F. Gianotti, B. Monopoli, G. Pennacchioni, P. Tartarotti, A. Schiavo (2010);
- Analisi di una parete rocciosa e del sottostante deposito: modelli di frammentazione - Herve' Grange - Rel. Daniele Peila, Valerio De Biagi, Maddalena Marchelli - Politecnico di Torino - Corso di laurea magistrale in Ingegneria Per L'Ambiente E Il Territorio, 2018;
- RocFall - Statistical Analysis of Rockfalls - Verification Manual - Lump Mass Analysis - 2020;
- Analisi comparativa dei criteri di accettabilità del rischio e considerazioni sul D.M. 9 maggio 2001 – Carpignano, Tuninetti – Politecnico di Torino;
- Opere di mitigazione del rischio di caduta massi a monte del centro di conferimento rifiuti in via Saint Grat in comune di Hône, Relazione sulla pericolosità residua – Davide Bertolo – marzo 2018;

- Linee guida per l'utilizzo dei dati interferometrici del Geoportale della Regione Autonoma Valle d'Aosta - Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze (Centro di Competenza del Servizio Nazionale di Protezione Civile, Regione Autonoma Valle d'Aosta – novembre 2020.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

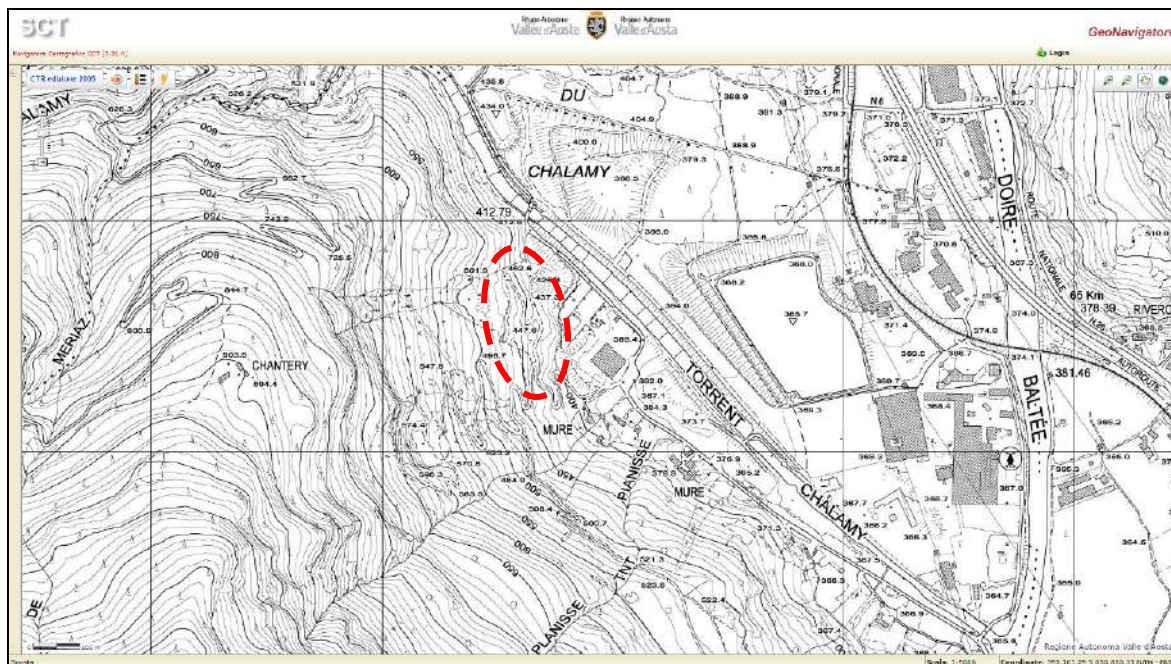
L'area, individuata sulla planimetria catastale del comune di Issogne, è situata in località Mure, ad una quota compresa tra 400 e 470 metri s.l.m.

Si tratta di un settore posto in destra idrografica del torrente Chalamy, in un'area che si estende su di un pendio acclive che dal pianoro di Chalamy conduce a Chantery, lungo il quale sono presenti alcune coltivazioni passate ed alcune ancora attive. Il versante è caratterizzato dalla presenza di depositi detritici e da alcuni affioramenti del substrato.

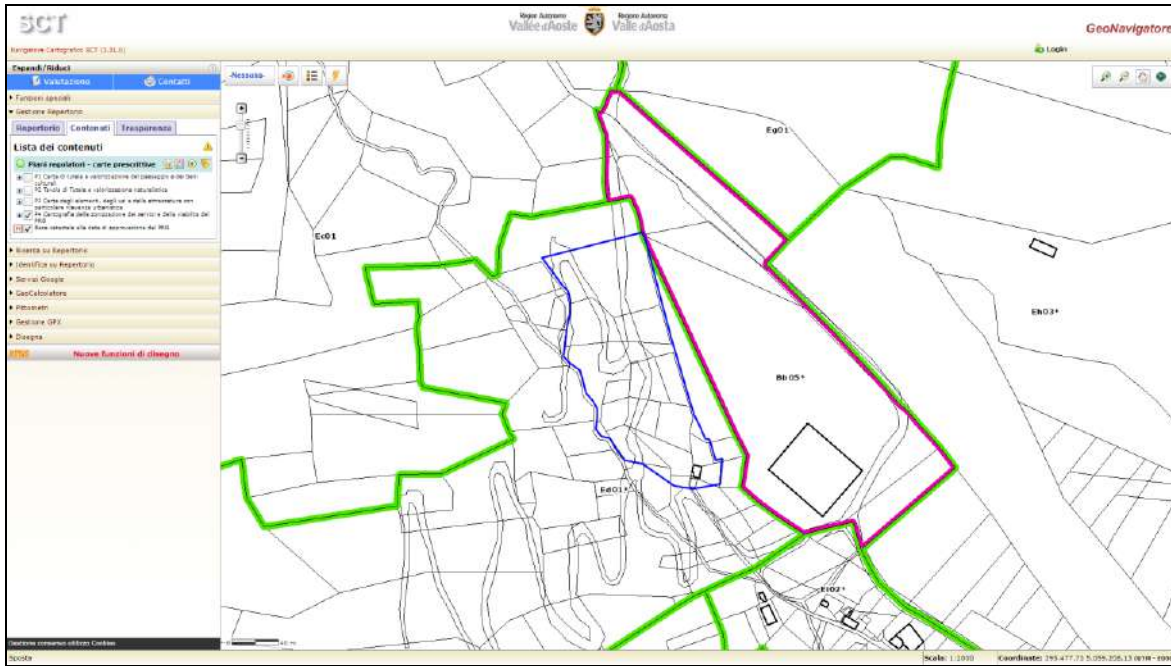
L'accesso all'area estrattiva è possibile dal lato nord tramite una strada poderale che diparte dalla strada asfaltata che collega l'abitato di Mure con la Strada Regionale N.° 6.



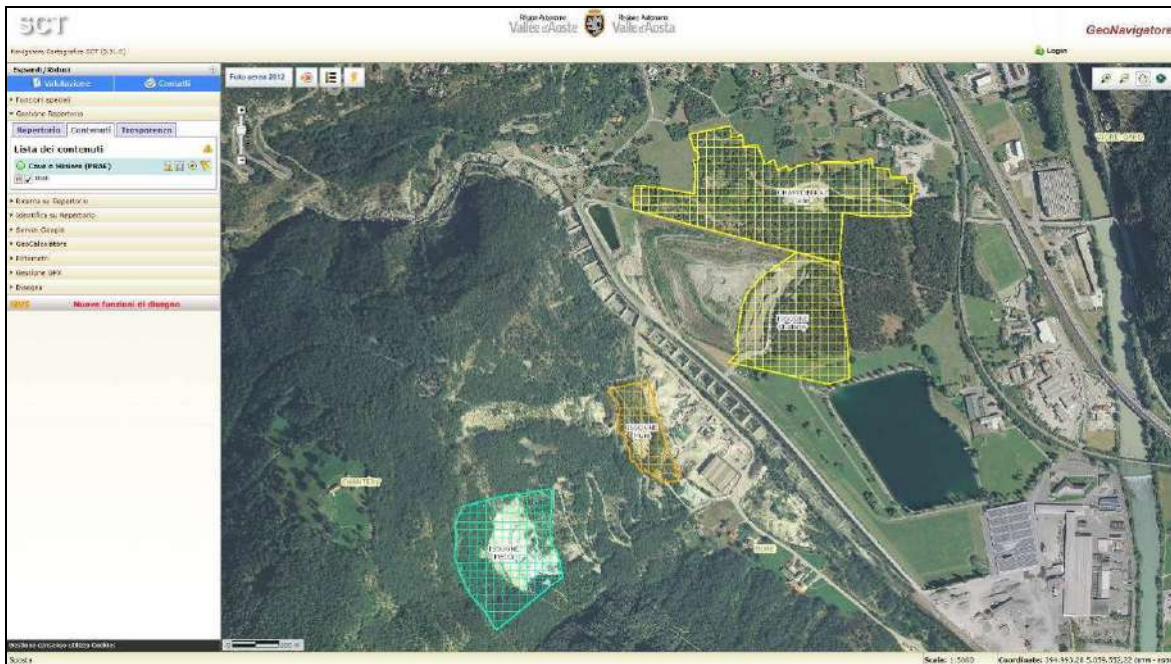
Pittometri – GeoNavigator – sito web RAVA



Corografia su base C.T.R. – GeoNavigator – sito web RAVA

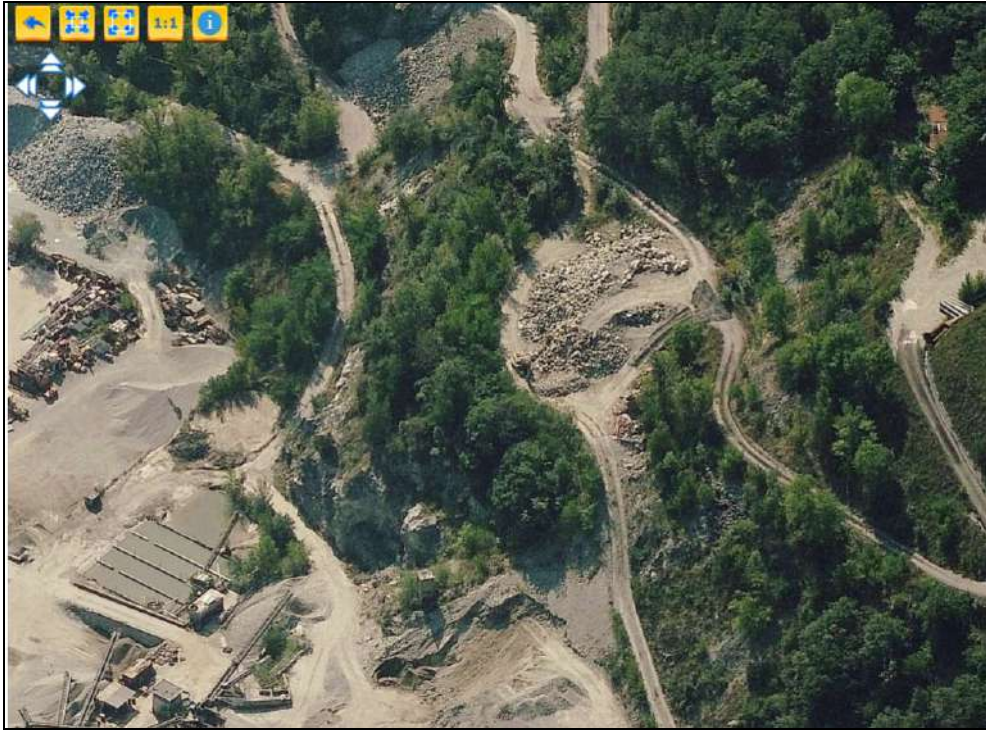


**Estratto di PRG del comune di Issogne – GeoNavigator – sito web RAVA
 Zona Ed01***



**GeoNavigator – sito web RAVA:
 in arancione è evidenziata l'area estrattiva del PRAE relativa alla cava in oggetto**

In particolare, si evidenzia che la cava in oggetto insiste sui seguenti mappali:
 Foglio 3 mapp. 88, 114, 118, 113, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 360, 350, 125, 124,
 131, 360, 125, 124, 130, 387, 128, ed in parte nei mappali 238, 127, 129 e 87



Pittometri (2008) – GeoNavigatore – sito web RAVA – dettaglio del settore di coltivazione

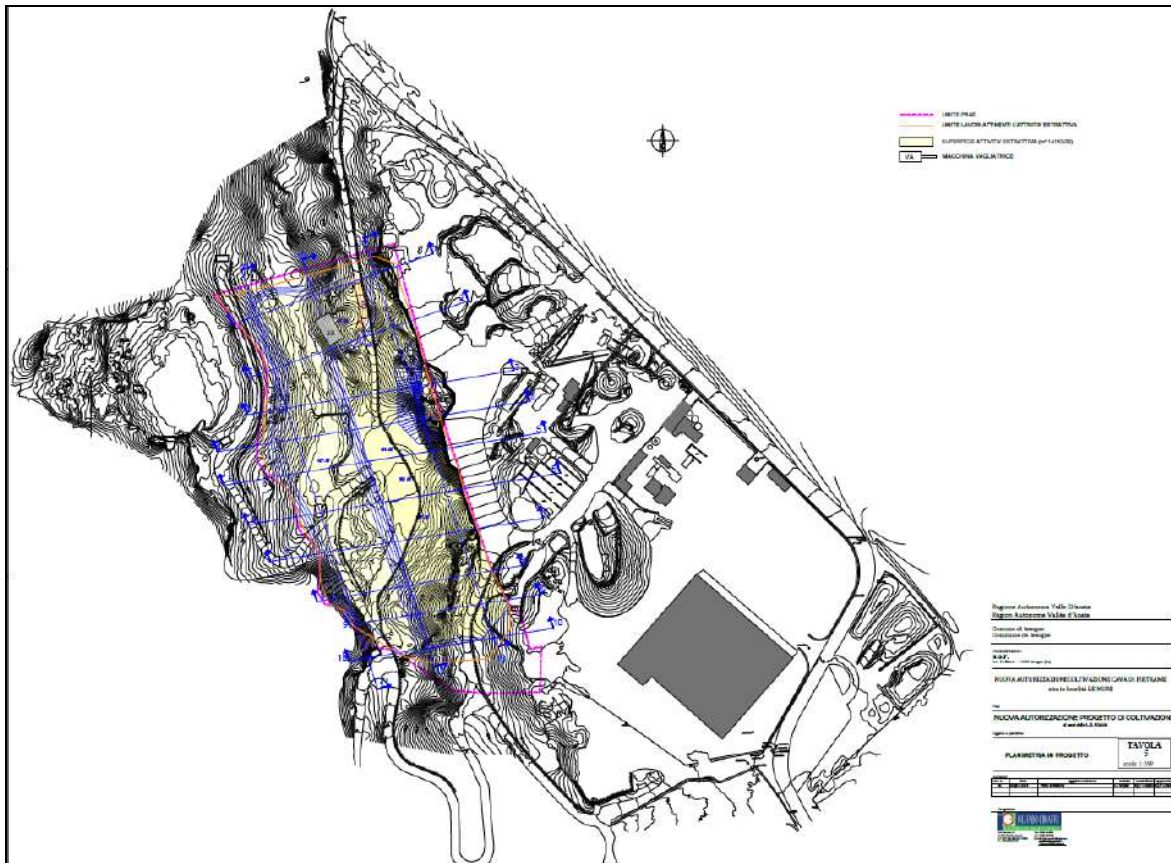


3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E MODALITÀ PROGETTUALI

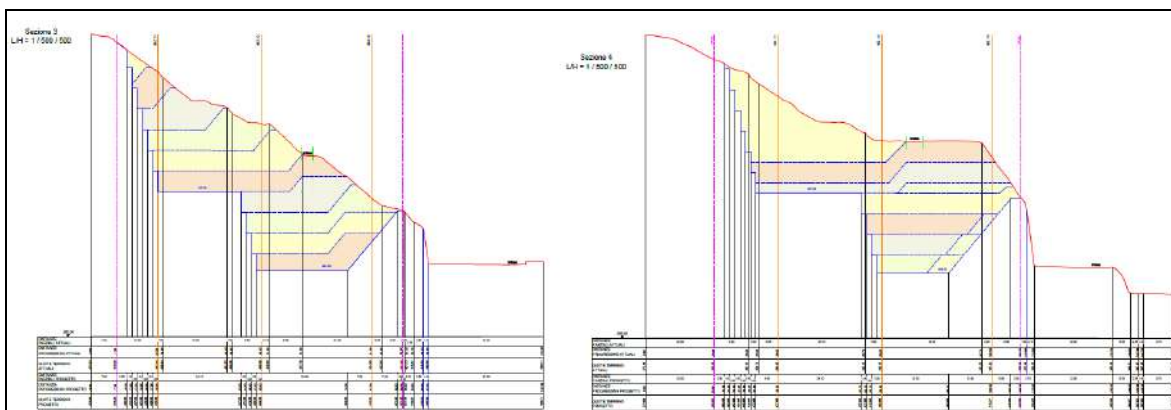
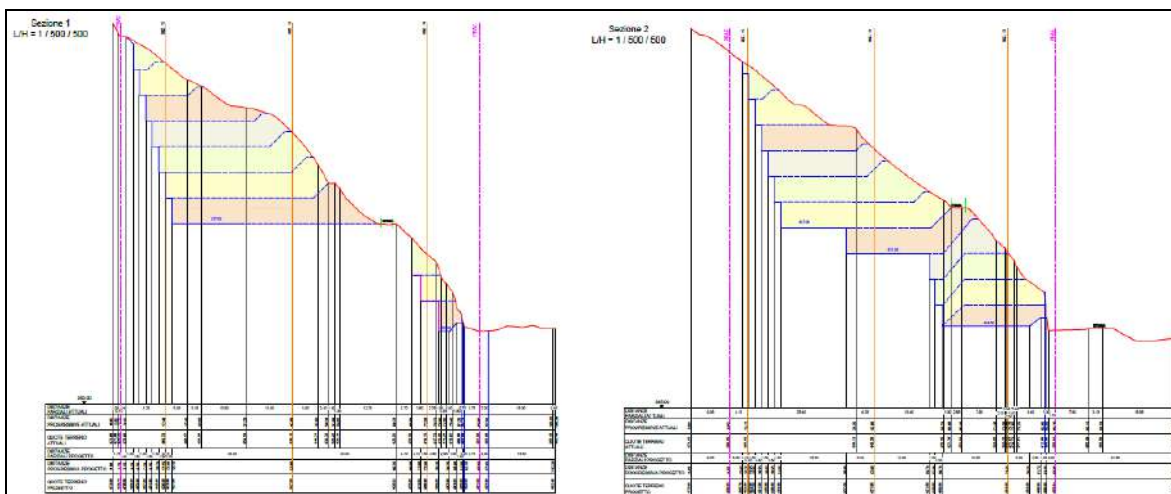
In base a quanto risulta dagli elaborati del progetto eseguito dall'ing. CROATTO Fabio, di cui si riportano alcuni estratti progettuali, si intende effettuare la coltivazione ed il recupero ambientale della cava denominata "Mure".

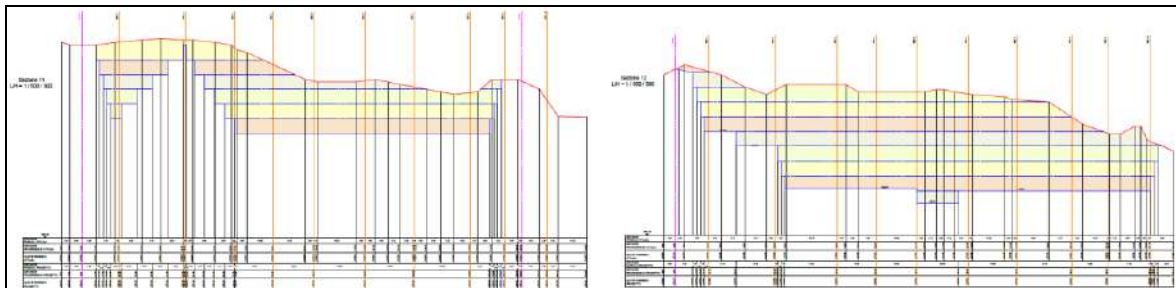
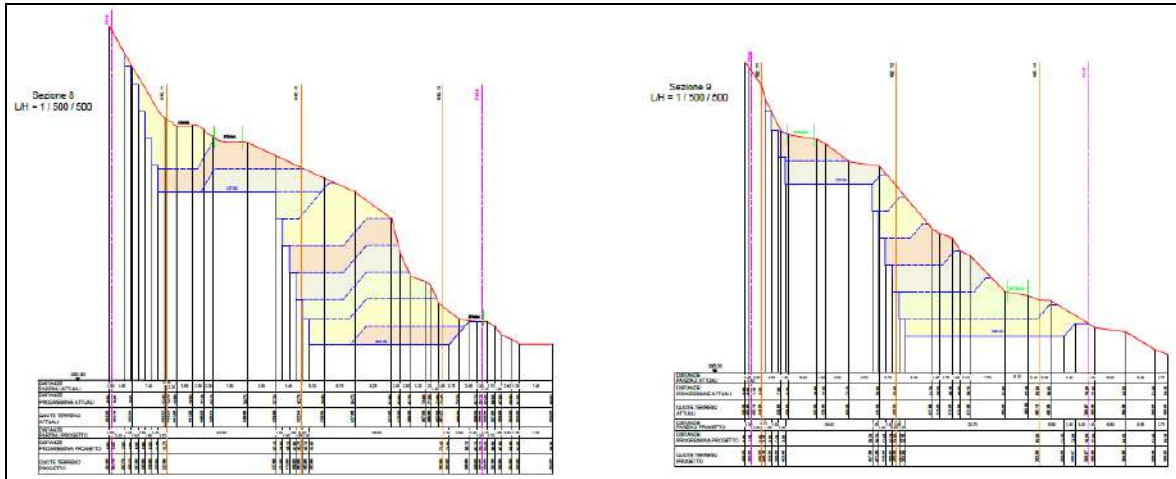
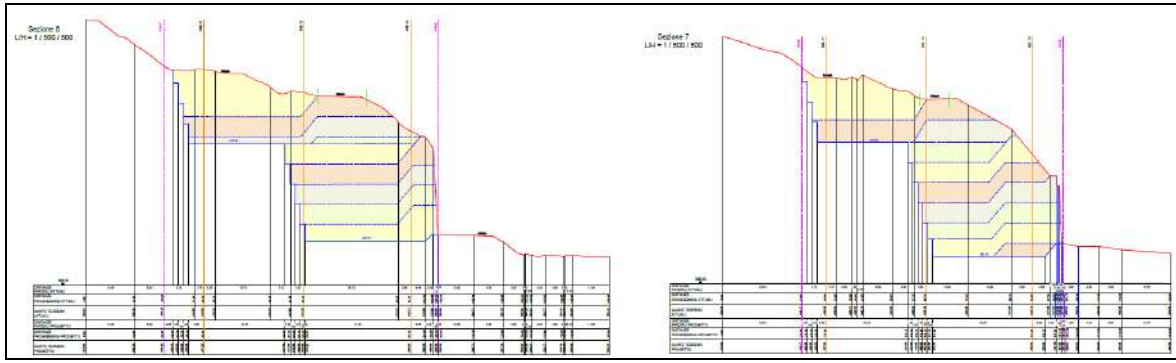


Planimetria stato attuale



Planimetria di progetto





Sezioni attuali e di progetto



Regione Autonoma Valle d'Aosta
 Regione Autonoma Valle d'Aosta
 Direzione di Energie
 Direzione di Sviluppo

Comune di
 COURMAYEUR

NUOVA AUTORIZZAZIONE COLTIVAZIONE AGRICOLA PERMANENTE
 sito in località LA BISSIE

NUOVA AUTORIZZAZIONE PROGETTO DI COLTIVAZIONE AGRICOLA PERMANENTE

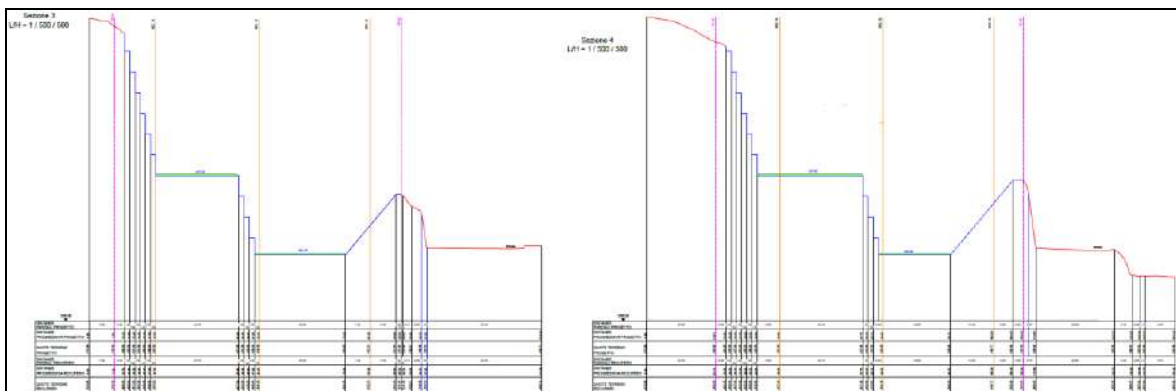
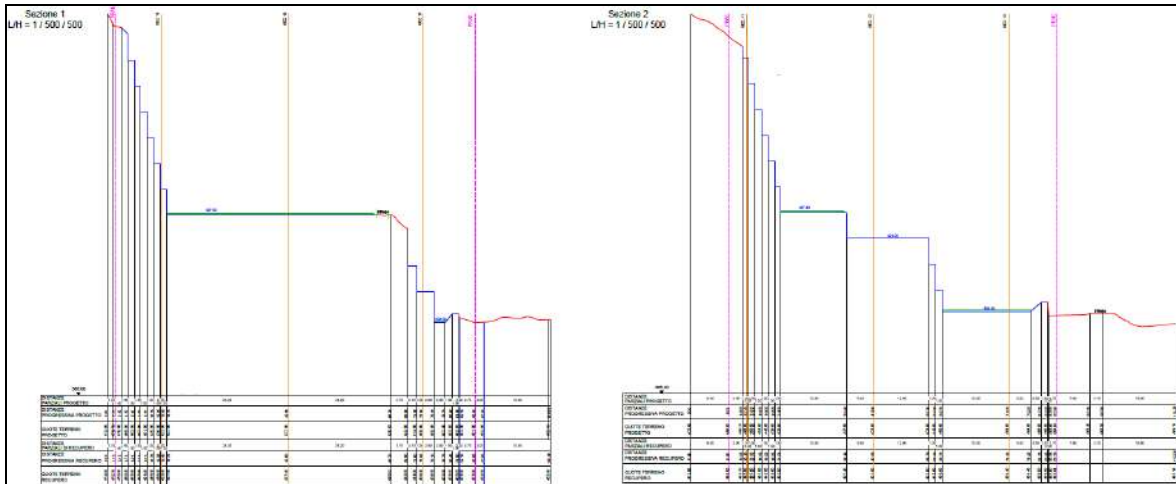
PLanimetria Stato Finale

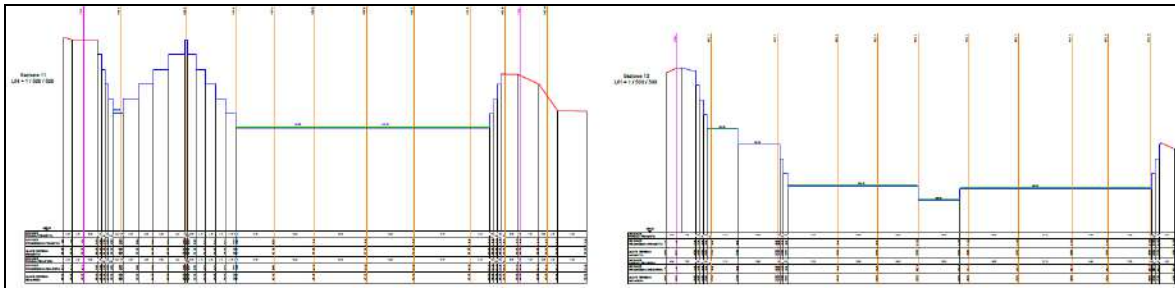
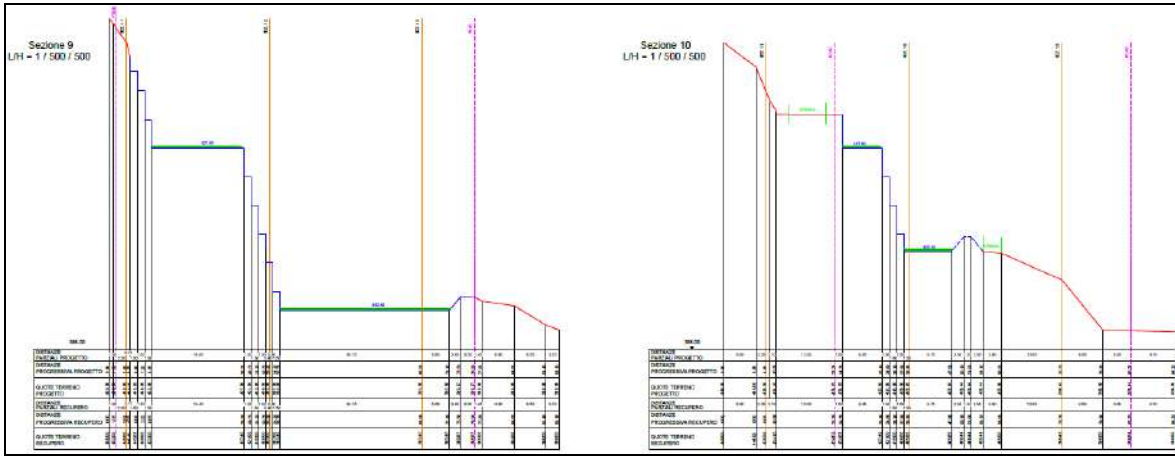
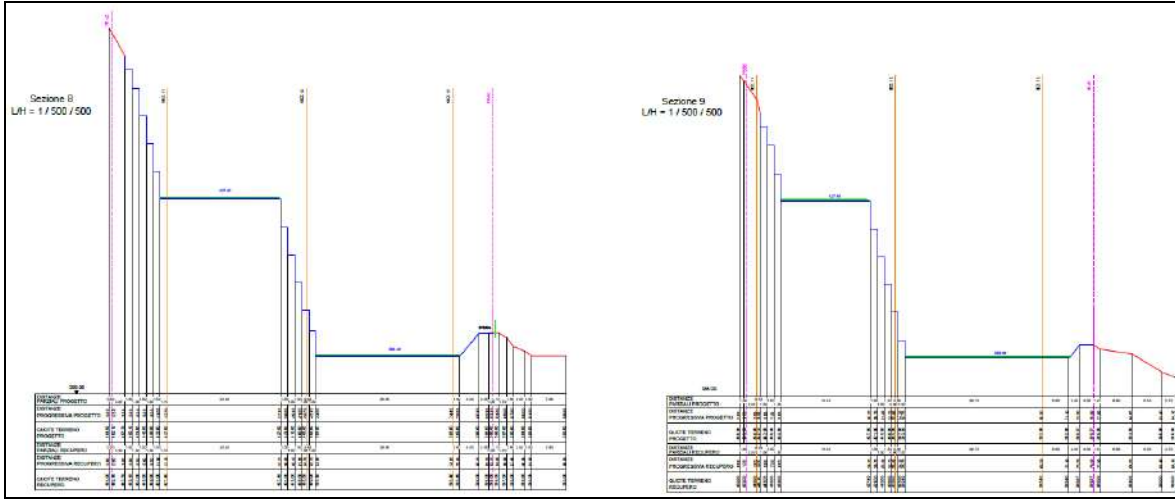
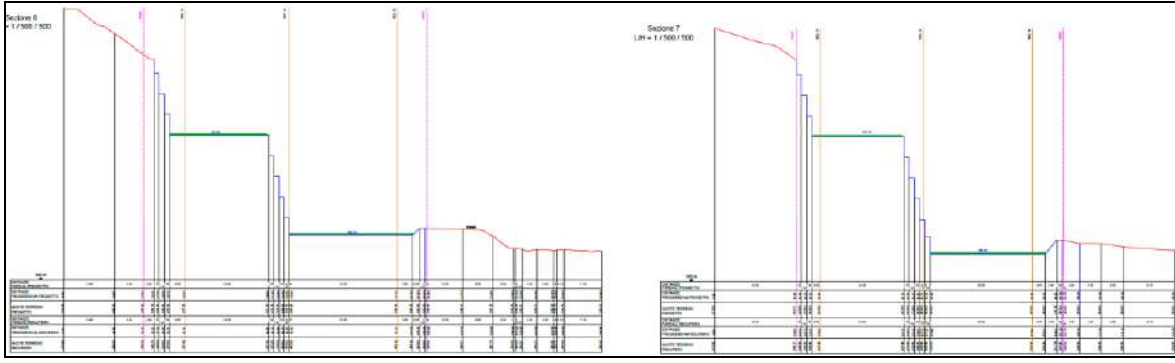
1

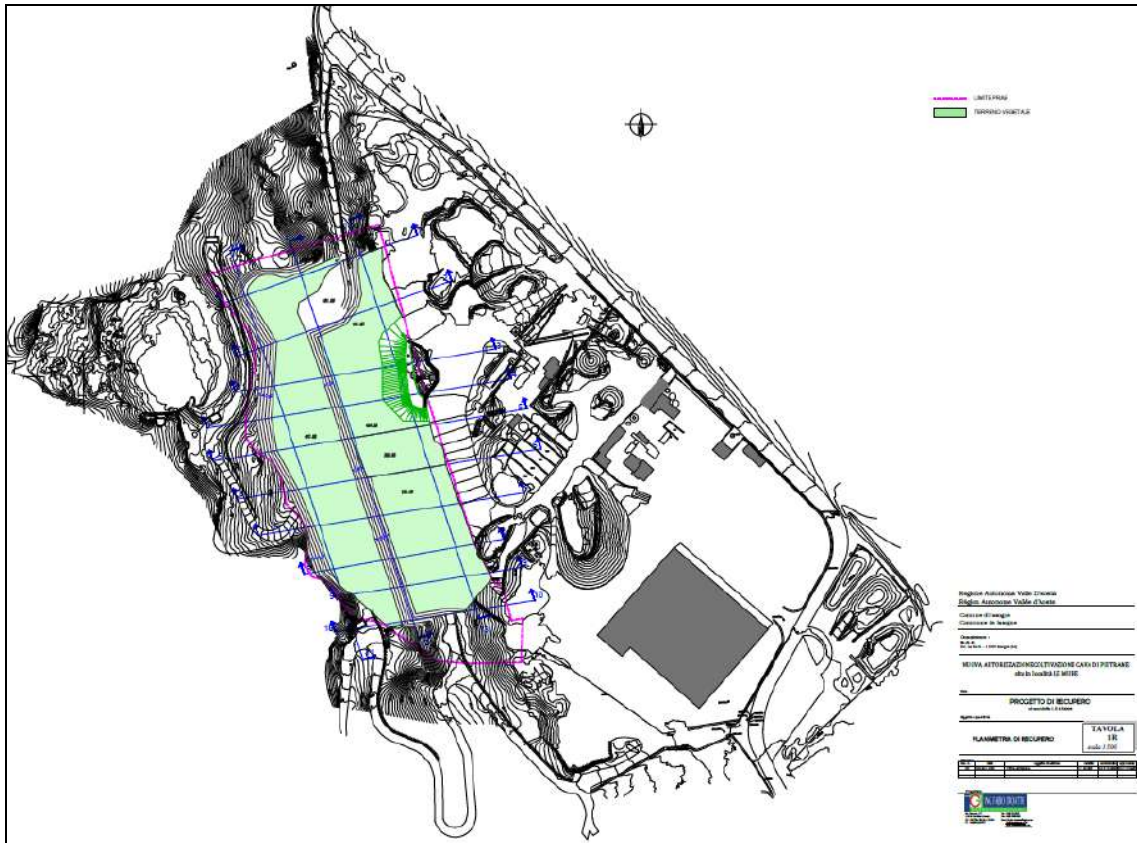
10/02/2024

10/02/2024

Planimetria stato finale







Planimetria di recupero

Per maggiori ragguagli tecnici si rimanda agli elaborati di progetto.

3.1 DEFINIZIONE DELLA TIPOLOGIA DI CAVA E DELLE MODALITÀ DI COLTIVAZIONE

3.1.1 Tipologia di cava

La cava in progetto risulta essere del tipo “*di versante*”, ovvero che si sviluppa su di un fianco di un pendio. Tra le cava di versante, quella in oggetto rientra tra quelle “*pedemontane*”, quest’ultime, infatti, sono situate alla base del rilievo e la quota più bassa dei lavori si trova sulla pianura antistante il rilievo.

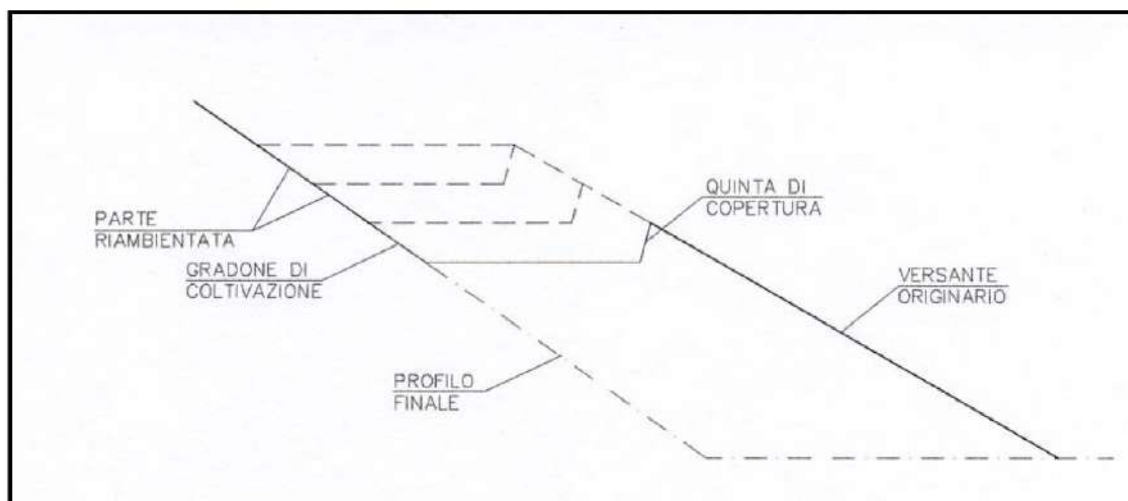
3.1.2 Tecniche di coltivazione

Per modalità di coltivazione si intende la sequenza di escavazione ed abbattimento che caratterizza lo sfruttamento del giacimento.

La modalità di coltivazione adottata per la cava in oggetto risulta essere del tipo “a gradoni per trincee orizzontali discendenti” con quinta di copertura.

Il metodo consiste nell’asportazione di “fette” di materiale procedendo dall’alto verso il basso, lasciando sempre sul bordo esterno una quinta in roccia di copertura e di sicurezza sia per le maestranze che per le eventuali attività sottostanti.

Il progetto prevede la coltivazione dapprima della parte alta della cava e, una volta realizzato il piazzale di quota 427, successivamente di quella bassa. Come indicato, per garantire un adeguato livello di sicurezza, si ritiene indispensabile lasciare una quinta in roccia di copertura lungo tutto il perimetro di valle della cava.



Schema di avanzamento coltivazione

3.1.3 Descrizione delle fasi progettuali

La coltivazione avverrà attraverso le seguenti fasi progettuali:

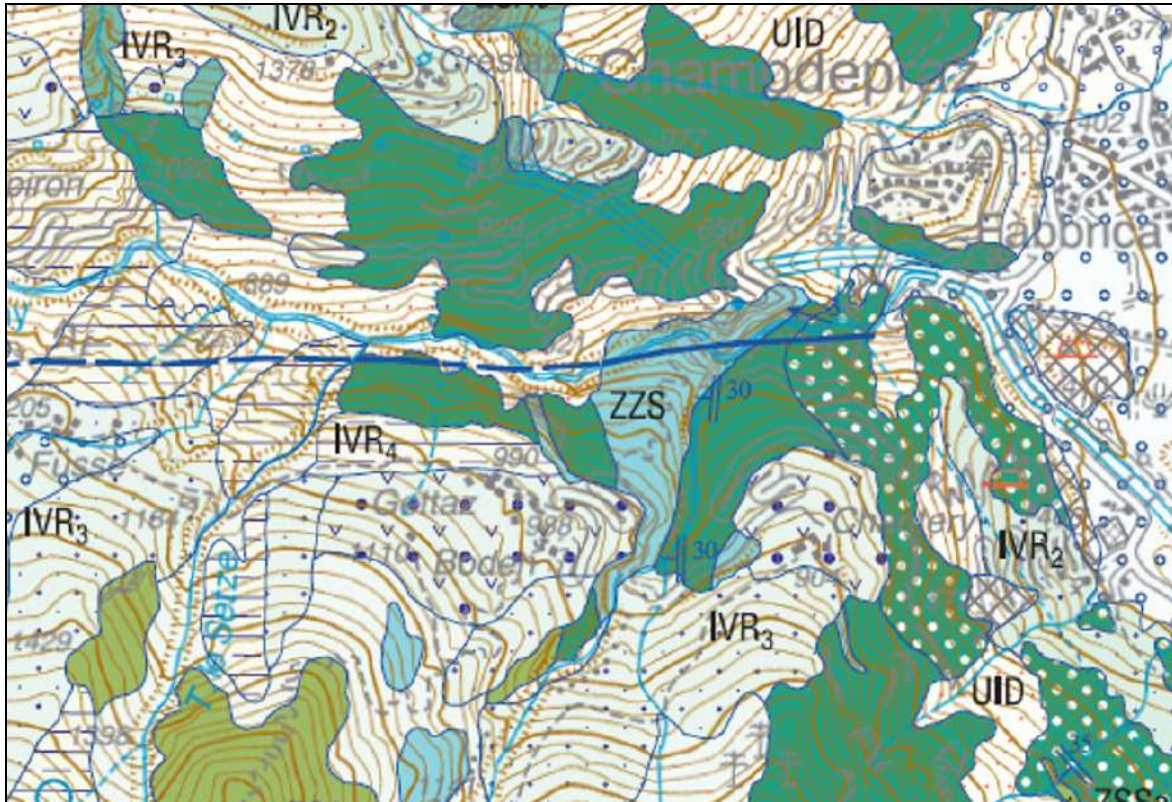
1. disgregazione delle falesie rocciose direttamente a monte della cava e valutazione blocchi con volumetrie maggiori di 0,5 mc;
2. disgregazione delle falesie rocciose poste a valle della cava (pareti rocciose presenti in corrispondenza della cabina elettrica posta al di fuori dell’area PRAE) ;
3. realizzazione coltivazione parte alta procedendo frontalmente e dall’alto verso il basso, creando, per ogni sbasso, una quinta in roccia di copertura e di sicurezza;
4. realizzazione della raccolta e smaltimento definitivi delle acque lungo il piazzale di quota 427 m s.l.m.;

5. coltivazione della parte bassa della cava, procedendo frontalmente e dall'alto verso il basso, creando, per ogni sbasso, una quinta in roccia di copertura e di sicurezza;
6. realizzazione del secondo piazzale (quote 404-393 m s.l.m.);
7. realizzazione della raccolta e smaltimento definitivi delle acque lungo il piazzale inferiore,
8. sistemazione definitiva della cava con gli interventi di recupero ambientale previsti.

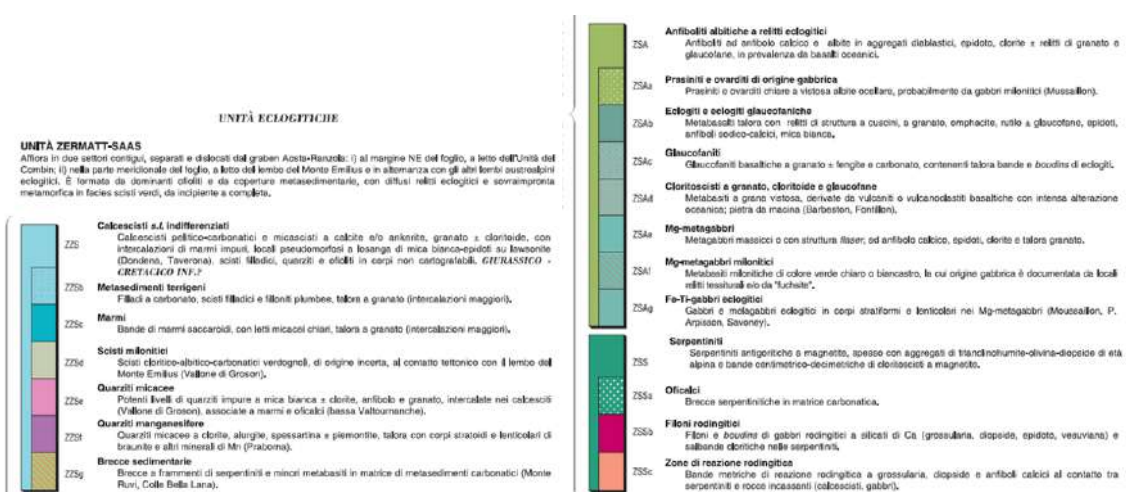
4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

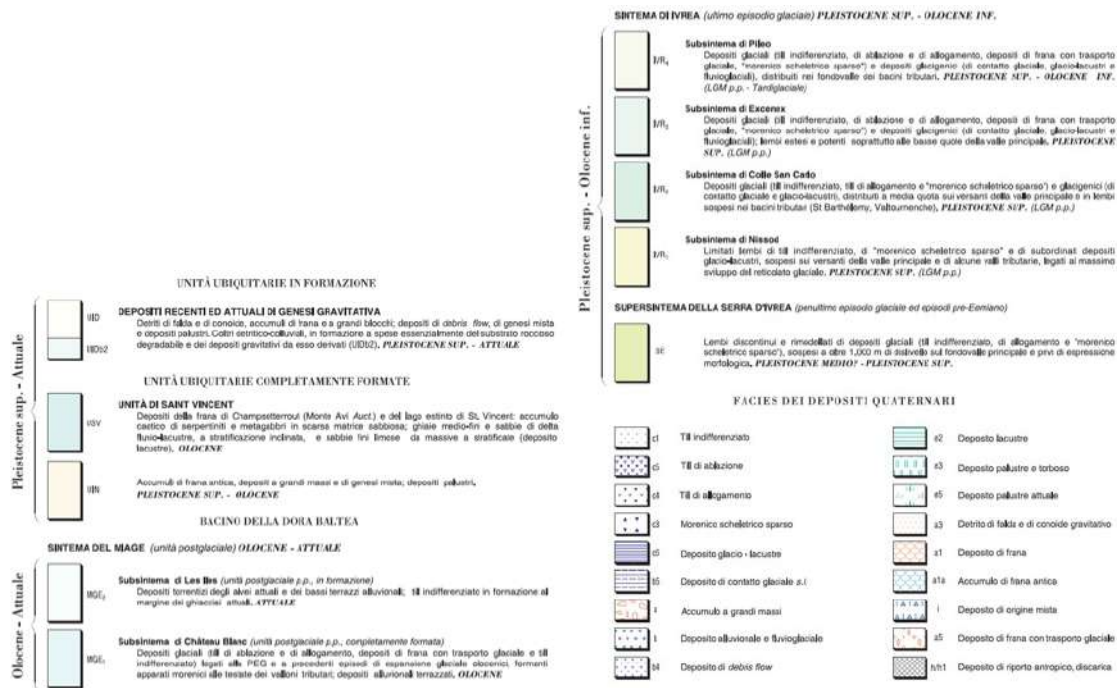
4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

Il substrato è presente nell'area in oggetto e a monte, in affioramenti lungo gli speroni, nelle pareti rocciose ed in corrispondenza delle incisioni torrentizie. Le rocce appartengono alla "Falda Ofiolitica Piemontese"; esaminando la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (consultabile sul sito dell'ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale); in particolare si tratta di affioramenti che appartengono all'unità eclogitica di Zermatt-Saas, in questo settore rappresentata essenzialmente da oficalciti.



Estratto della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio Chatillon (Progetto CARG)
ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale





4.2 CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE

La roccia oggetto di attività estrattiva e che caratterizza altresì siti vicini già interessati da cave di marmo e di pietra da taglio, è denominata commercialmente "marmo verde" ed è costituita in genere da un litotipo di colore verde scuro con molte venature biancastre. Si tratta di roccia derivata in origine dal metamorfismo di ultramafiti in serpentiniti le quali presentano delle trasformazioni endometasomatiche legate alla serpentizzazione o, più frequentemente, successive a questa; le serpentiniti si sono disgregate in piccole masse, fra le quali ha trovato spazio il fluido a composizione carbonatica che ha permeato le fessure, i vuoti, i ridotti interstizi e ha cementato la roccia con la cristallizzazione in calcite.



Il litotipo in questione è essenzialmente una breccia serpentinoso a cemento carbonatico denominata oficalce.

4.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

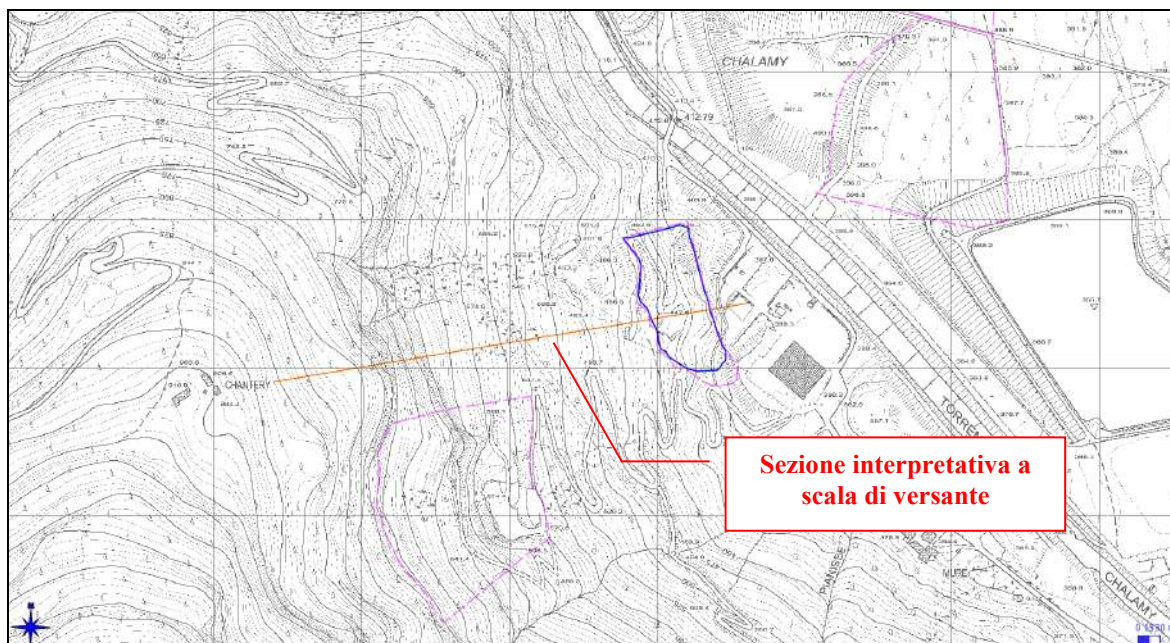
La copertura quaternaria nel settore è costituita essenzialmente da depositi glaciali e depositi detritico-colluviali.

I depositi detritico-colluviali sono formati da colluvium di depositi glaciali, costituiti da una classica associazione di blocchi di varia pezzatura e natura immersi in una matrice limoso-sabbiosa. Massi erratici e trovanti, sotto forma di blocchi isolati di cospicue dimensioni, si rilevano frequentemente; l'origine di tali blocchi è da correlare al notevole rimaneggiamento subito dai depositi glaciali, ad opera soprattutto delle acque superficiali che hanno dilavato la frazione più fine, lasciando affioranti o subaffioranti i materiali più grossolani. L'azione delle acque meteoriche e di fusione delle nevi, congiuntamente all'azione della gravità, sono stati talora responsabili della erosione e della rideposizione, sotto forma di colate detritico-fangose, dei depositi glaciali affioranti, che perdono pertanto il loro naturale aspetto massivo e caotico, acquistando le caratteristiche tessiturali e di classazione granulometrica dei depositi alluvionali.

Sul versante sono presenti numerose plaghe di materiale detritico riconducibili alla movimentazione di materiale a seguito delle passate coltivazioni.

I depositi alluvionali affiorano nel settore pianeggiante a valle della coltivazione e sono relativi al torrente Chalamy. Essi sono costituiti da depositi ghiaiosi e sabbiosi con livelli di materiale medio-grossolano a cui si associano occasionali trovanti di grosse dimensioni.

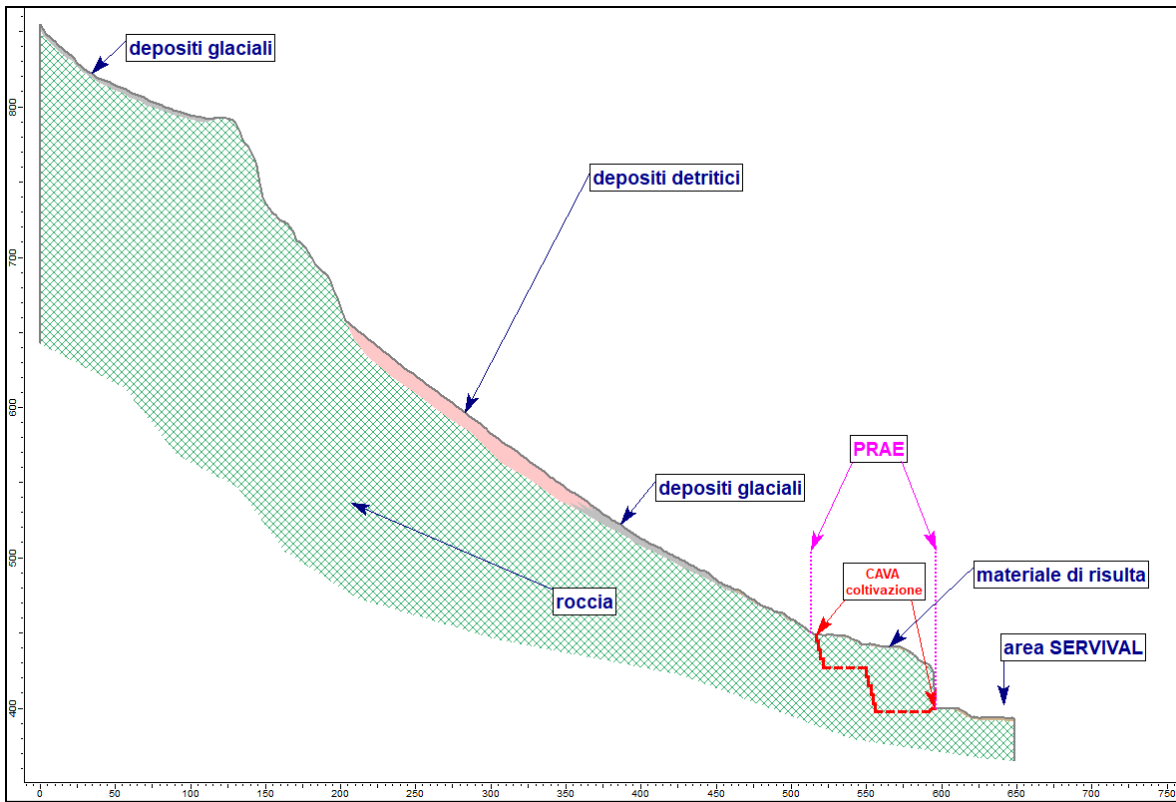
Di seguito si riportano le sezioni geologiche interpretative schematiche a scala di versante e a scala di progetto. Si segnala che la sezione a scala di versante è solamente indicativa in quanto per la tipologia di intervento sul pendio, non si è andati a rilevare nel dettaglio tutto il versante. Dal punto di vista idrogeologico il focus riportato nel paragrafo successivo riguarda solo la scala di progetto in quanto a scala di versante non si hanno dati sufficienti per una ricostruzione significativa.



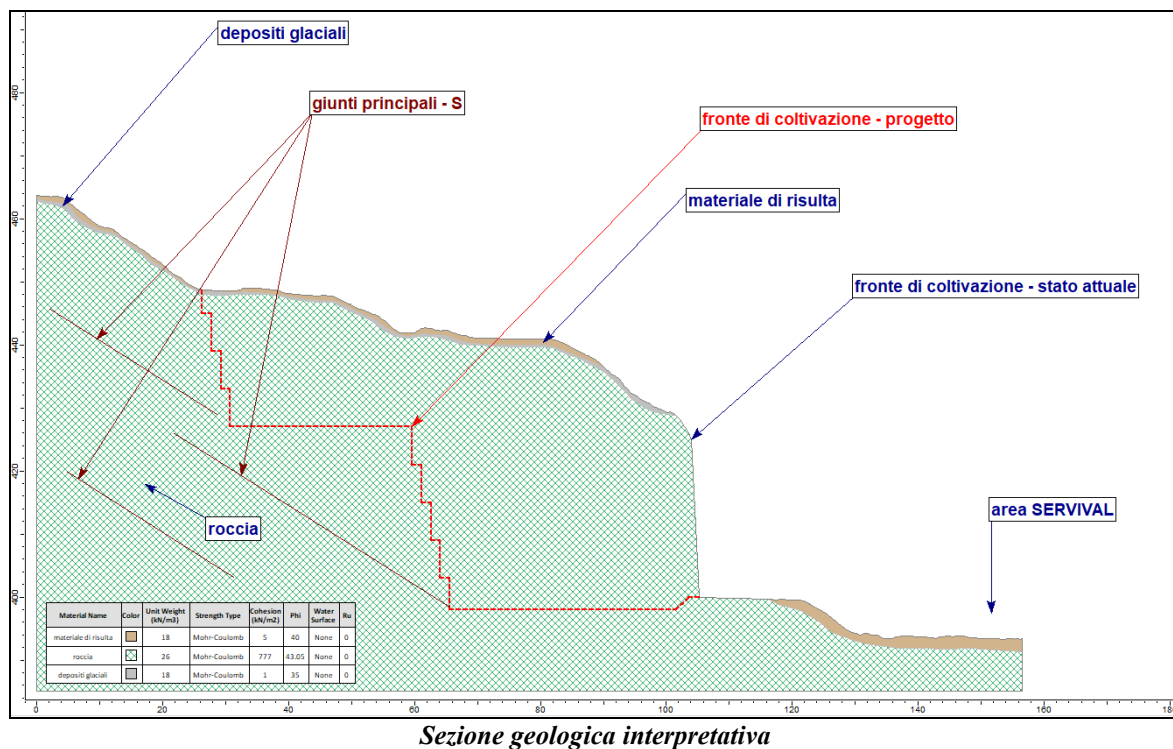
Traccia sezione a scala di versante –CTR



Traccia sezione a scala di progetto – Foto aerea 2012+ortofoto di rilievo+CTR



Sezione geologica interpretativa a scala di versante



Sezione geologica interpretativa

4.4 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE

La roccia presenta diverse famiglie di discontinuità con una scistosità principale disposta a franapoggio. Si rimanda allo specifico capitolo per la trattazione di dettaglio sull'assetto strutturale.

4.5 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La circolazione idrica del settore avviene principalmente nei materiali sciolti e risulta legata alla presenza di livelli impermeabili costituiti dal substrato e da occasionali intercalazioni limose.

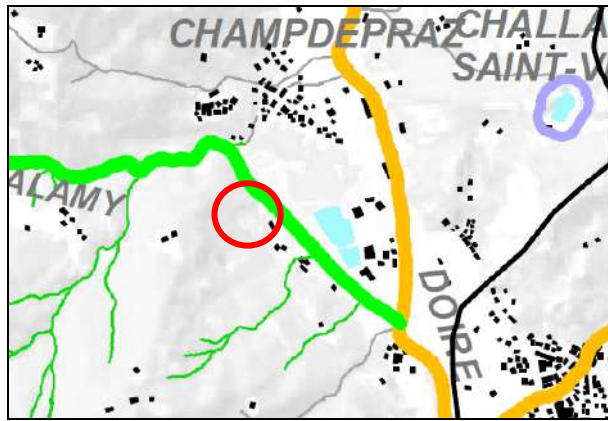
La falda freatica non si manifesta, nella zona in esame, a livelli superficiali ed è rappresentata essenzialmente dalle acque di versante presenti in occasione di precipitazioni o di fusione delle nevi.








Il deflusso proveniente da monte ha comunque la possibilità, in relazione all'elevata permeabilità del corpo detritico, di infiltrarsi facilmente in profondità sino al rinvenimento del substrato roccioso impermeabile: si ha pertanto la possibilità di rinvenire locali imbibizioni di acque sotterranee soprattutto nella parte basale.

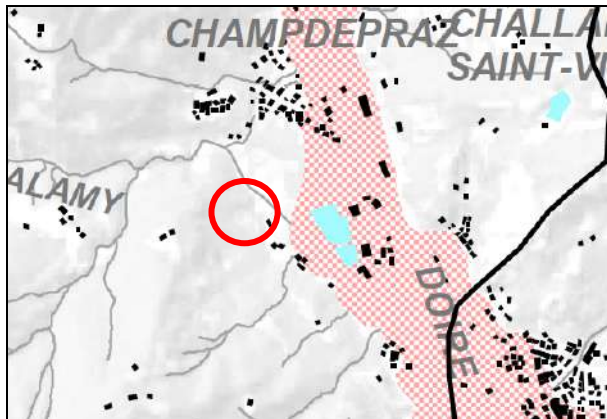
Nell'areale ove si intende realizzare la coltivazione non si sono rilevate, durante il sopralluogo, risorgenze o venute d'acqua.





Dalle carte allegare al [Logo] si rileva che la zona è posta in prossimità di corsi d'acqua superficiali di particolare pregio (torrente Chalamy); non è inserita nell'area di falda acquifera significativa e non si rilevano sorgenti nelle vicinanze.

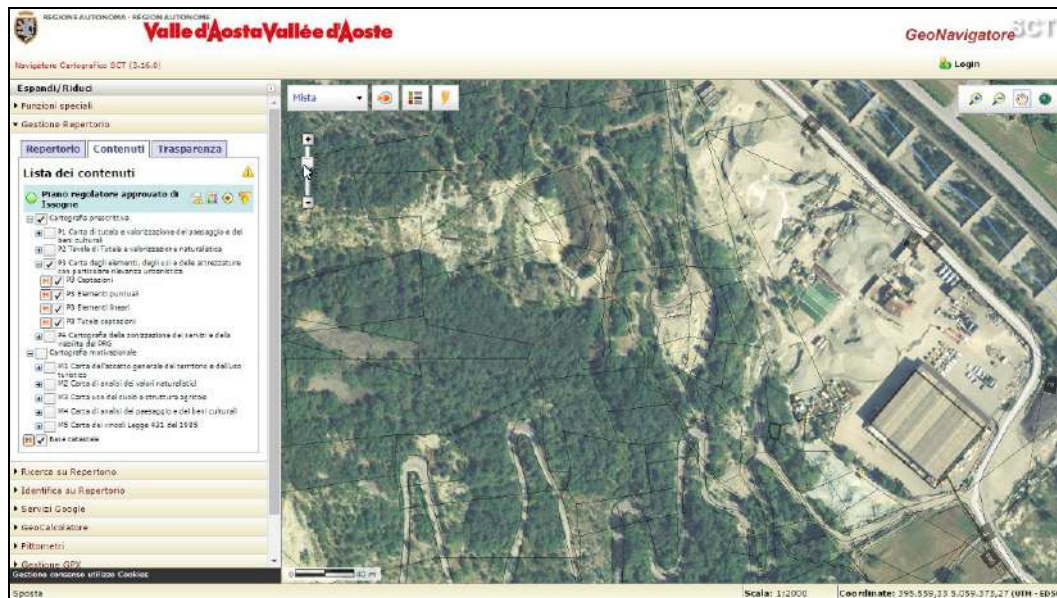


-  Laghi significativi
-  Laghi e zone umide di particolare pregio
-  Laghi significativi e di particolare pregio
-  Corsi d'acqua superficiali significativi
-  Corsi d'acqua superficiali di particolare pregio
-  Corsi d'acqua superficiali significativi e di particolare pregio
-  Bacini significativi



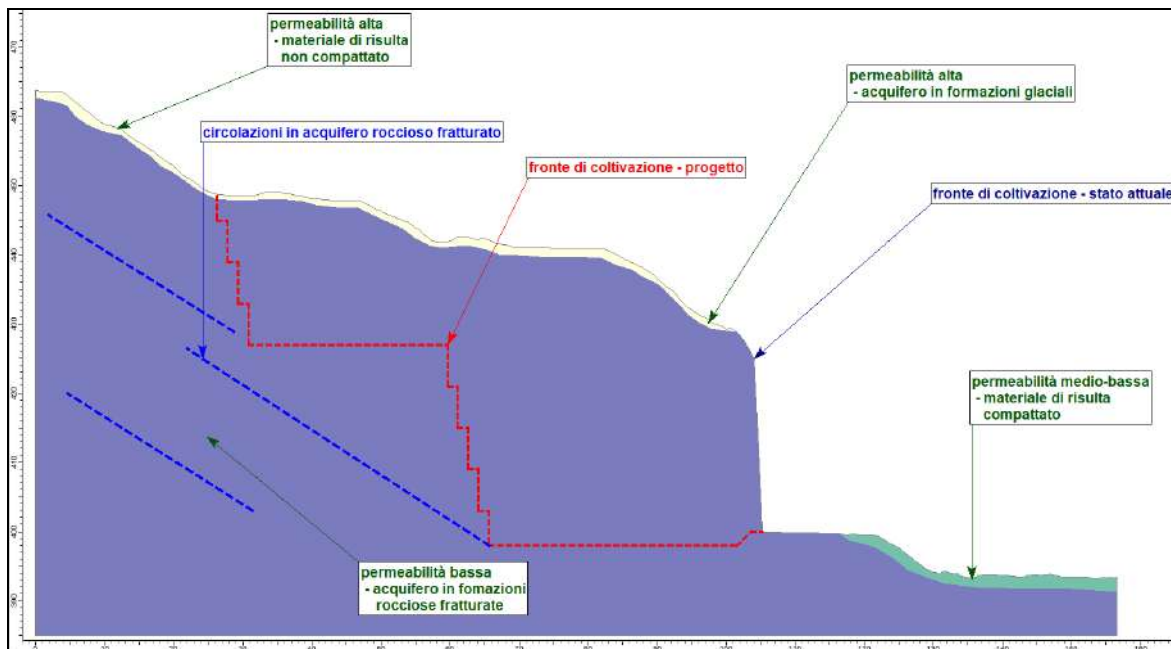
-  Falda acquifera
-  Sorgenti
-  Corsi d'acqua
-  Bacini significativi

La carta P3 del PRGC comunale non riporta nel settore captazioni e aree di tutela delle captazioni.



PRGC – GeoNavigator – sito web RAVA – Tavola P3 “Carta degli elementi, degli usi e delle attrezzature con particolare rilevanza urbanistica”

Gli acquiferi sopra descritti riguardano l’assetto idrogeologico a scala di versante: la sezione idrogeologica interpretativa indica solamente quelli riscontrabili in sito.



Sezione idrogeologica interpretativa

Nella cava non si hanno risorgenze e/o venute d'acqua: anche in situazioni di forti piogge, il fronte cavato non evidenzia stillicidio lungo le fratture. Il deflusso proveniente da monte viene intercettato dalle opere eseguite nel post-alluvione 2000: è presente, infatti, sul settore nord un bacino di raccolta dotato di briglia selettiva (bacino in blu scuro e briglia in rosso). Da questo si diparte un canale in cemento che porta le acque sino al torrente Chalamy (linea azzurra).

Sul versante, settore sud, è presente anche un altro canale di raccolta che smaltisce le acque a valle, oltre l'area industriale (linea azzurra).

In virtù dell'assetto morfologico dell'area e della progressione della coltivazione con un progressivo abbassamento del piano, le acque che verranno raccolte dai piani di coltivazione, andranno convogliate in una nuova rete di scolo che andrà a conferire le acque nei vasconi di decantazione dell'impianto di calcestruzzi presente a valle (area fucsia). Tali vasconi permetteranno quindi di riutilizzare le acque in un processo industriale.



Bacino, briglia e canale nel settore Nord

Di seguito si riporta la planimetria di raccolta delle acque: a fine coltivazione le acque verranno totalmente recuperate presso i bacini di decantazione dell'impianto di calcestruzzi.

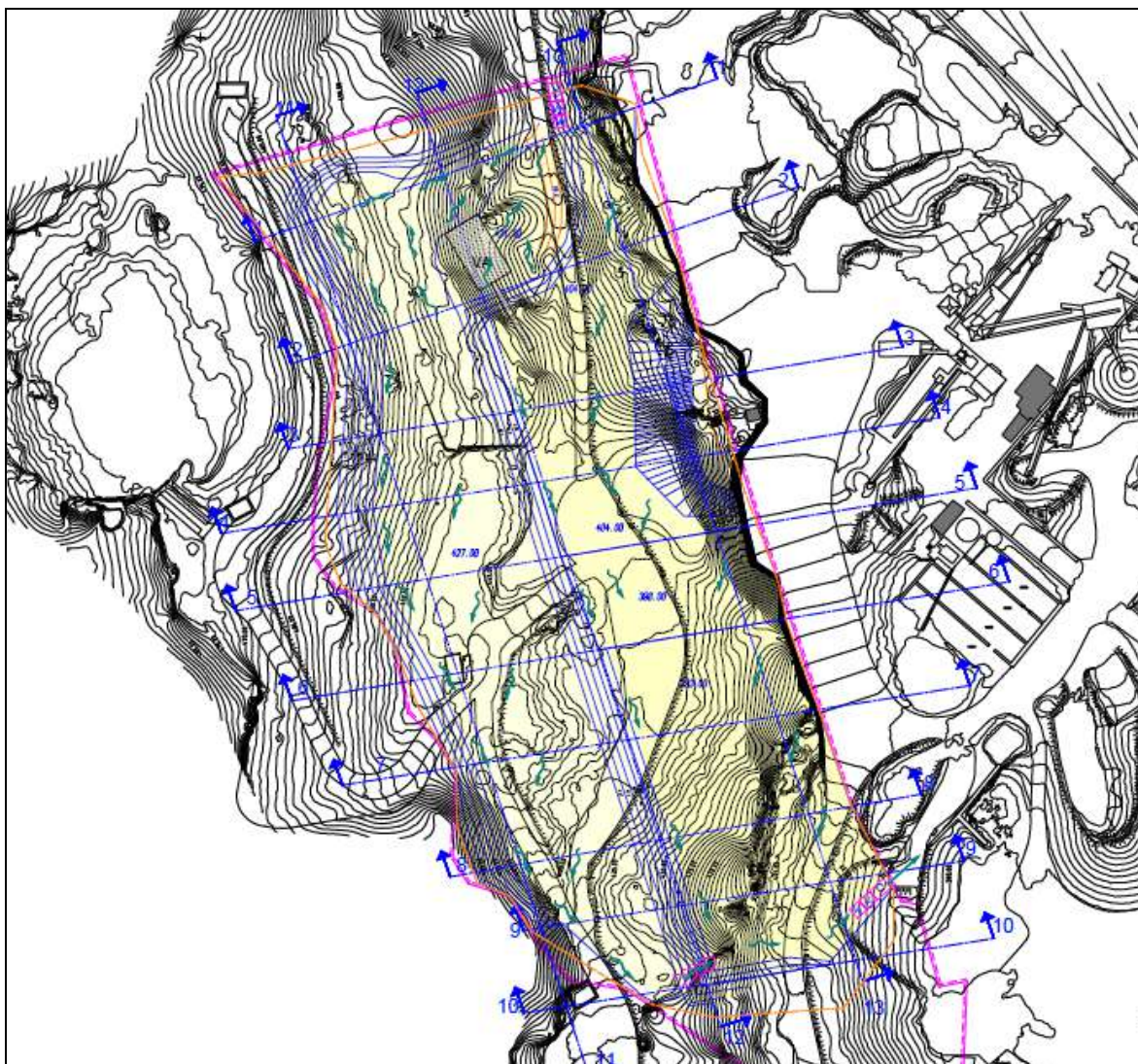


Tavola 9 di progetto

4.6 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

Il territorio oggetto della presente relazione è situato lungo il versante destro orografico della valle incisa dalla Dora Baltea.

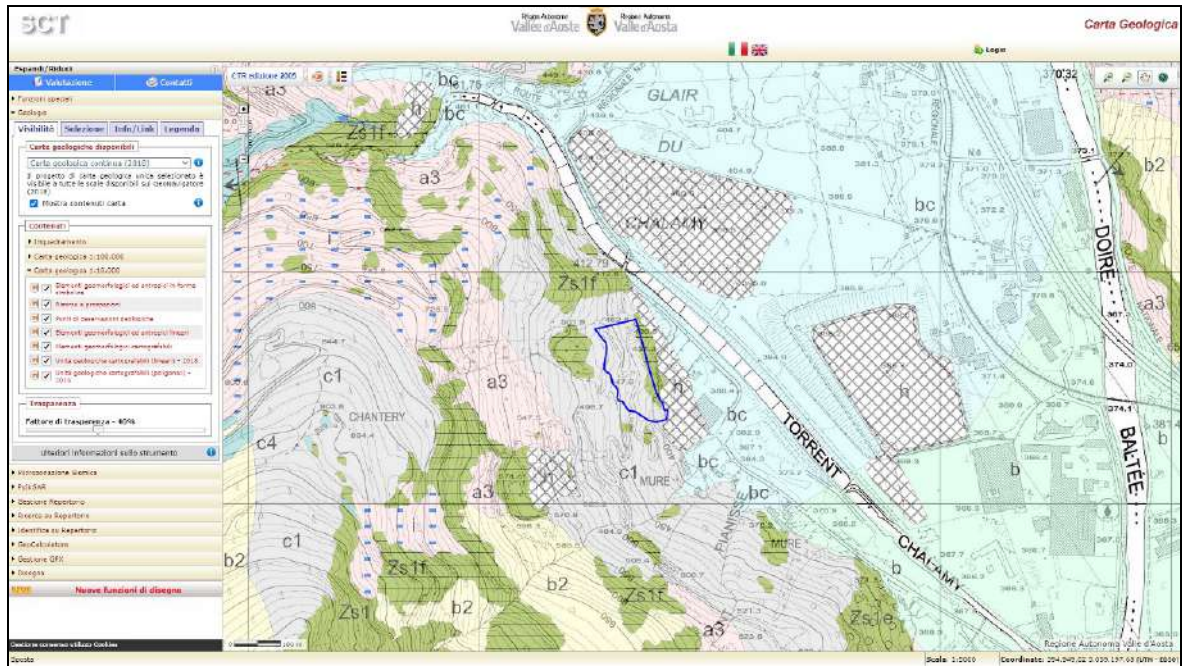
Tutto il versante è caratterizzato da una morfologia glaciale profondamente rimodellata, sulla quale si è sovrimposta l'azione di diversi movimenti gravitativi che ne hanno determinato l'attuale assetto morfologico.

Tutto il territorio presenta infatti forme del paesaggio riconducibili ad una dinamica fluviale, quali le incisioni dovute alle acque superficiali nei materiali sciolti situati lungo i versanti. Nelle zone pianeggianti si hanno poi dei corpi sedimentari a forma di ventaglio, aventi l'apice rivolto alla base delle incisioni: questi corpi si generano quando il corso d'acqua che trasporta il sedimento subisce un brusco rallentamento per la diminuzione della pendenza del suo alveo.

Successivamente altri fenomeni hanno contribuito in maniera rilevante all'evoluzione del paesaggio in esame ed in particolare è possibile distinguere sui versanti l'azione della gravità e del ruscellamento superficiale delle acque.

Dal punto di vista geologico, il settore in oggetto si sviluppa in un'area costituita da affioramenti del substrato, da depositi gravitativi e da depositi di materiali sciolti, in prevalenza di origine detritica e detritico-colluviale.

Buona parte del versante è, inoltre, fortemente caratterizzata dalle modellazioni di origine antropica.



Estratto della Carta Geologica SCT – sito web RAVA

Punti di osservazioni geologiche	
	Asse di piega fase 3
	Superficie di scistosità (scistosità regionale)
Unità geologiche cartografabili (lineari)	
	Faglia incerta
	Limite geologico certo
Unità geologiche cartografabili (poligonali)	
Elemento Trasparente	Laghi e fiumi Laghi e fiumi
	Deposito di origine mista Deposito di origine mista. Deposito eterogeneo, con stratificazione grossolana a matrice sabbiosa poco limosa, con intercalazioni di ghiaie e sabbie selezionate
	Discanica / riporti antropici Discanica e riporti antropici.
	Coltre detritico-colluviale Coltre detritico-colluviale. Sabbie ghiaiose, poco limose, massive o mal stratificate, non addensate, a ciasti spigolosi
	Accumulo a grandi massi Accumulo a grandi massi. Ammasso di bocchi spigolosi monogenerici, talora in parte derivati dalla disarticolazione in situ del substrato.
	Tili indifferenziati Tili indifferenziati. Ghiaie sabbioso-limose con blocchi, massive, con ciasti da subangolosi a subarrotondati.
	Tili di alloggiamento Tili di alloggiamento. Sabbie ghiaioso-limose massive, molto addensate, con tessitura a supporto di matrice e ciottoli sfaccettati, sinuati e striati.
	Detrito di falda Detrito di falda.
	Deposito alluvionale e fluvio-glaciale Deposito alluvionale e fluvio-glaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di ciasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.
	Deposito di conoide alluvionale/ fluvio-glaciale Deposito di conoide alluvionale e fluvio-glaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di ciasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.
	Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti pelitico-carbonatici e micascisti quarzosi a calcite e/o ankerite, granato e Mg-clorite e/o glaucofane e rara giadelle, con intercalazioni di marmi, scisti filadici, quartziti micacee e ofoliti. GIURASSICO -CRETACICO INF.?
	Serpentiniti antigortiche Serpentiniti antigortiche. Serpentiniti antigortiche a magnetite, spesso con vistosi aggregati di titaniohumite-olivina-diopside e tremolite di età alpina e sottili livelli di cloritoscisti, in corpi chilometrici derivati da peridotiti di mantello (Breithorn-Gobba di Rollin-Monte Rosso di Verra, Avic), con abbondanti filoni rodingitici, e in scaglie minori, scistosio-laminati o mianitici.
	Serpentiniti scistosio-laminate Serpentiniti scistosio-laminate. Serpentiniti scistosio-laminate e milonitiche, di colore verde chiaro tendente allo smeraldino, al limite tra l'unità di Zermatt-Saas e l'unità inferiore del Combin, Vallone di Courtois.
	Oficalci Oficalci. Breccie ad elementi serpentinitici, spigolosi o arrotondati, in matrice carbonatica e varietà da scistosio-laminate a milonitiche, situate in origine a tetto dei corpi di serpentinitici; cave a Châtillon, Champdepraz.
	Anfiboliti albitiche Anfiboliti albitiche. Anfiboliti in facies scisti verdi, con aggregati diablastici di anfiboli calcici-albite, epidoto, clorite e frequenti rettili eclogitici (granato, glaucofane, rutile, rara omphacite uraltizzata), in corpi anche di notevole spessore. Età dei protoliti: GIURASSICO SUP.?

4.7 **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA**

Il settore oggetto dell'intervento risulta essere posto all'interno delle aree vincolate ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i..

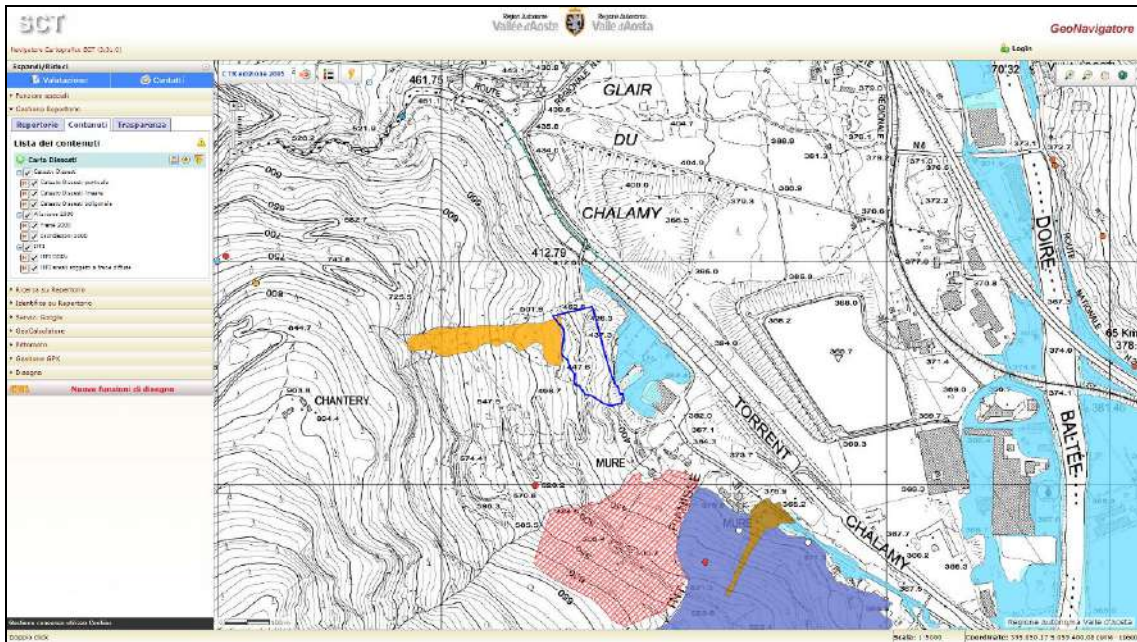
4.7.1 Catasto Dissesti Regionale SCT

Consultando la carta dei dissesti disponibile sul sito web della RAVA (GeoNavigatore), che comprende le zone franose censite dal PROGETTO IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), nel settore si segnalano fenomeni di dissesto. Immediatamente a monte della cava si sono verificati due fenomeni franosi: si è trattato in particolare di due frane di scivolamento che hanno coinvolto il sottile strato di materiale sciolto presente al di sopra del substrato; tali fenomeni si sono verificati in occasione dell'evento alluvionale del 2000; risultano essere stati risistemati e, sebbene nel 2005 si siano riattivati parzialmente, attualmente non si segnalano particolari evoluzioni.



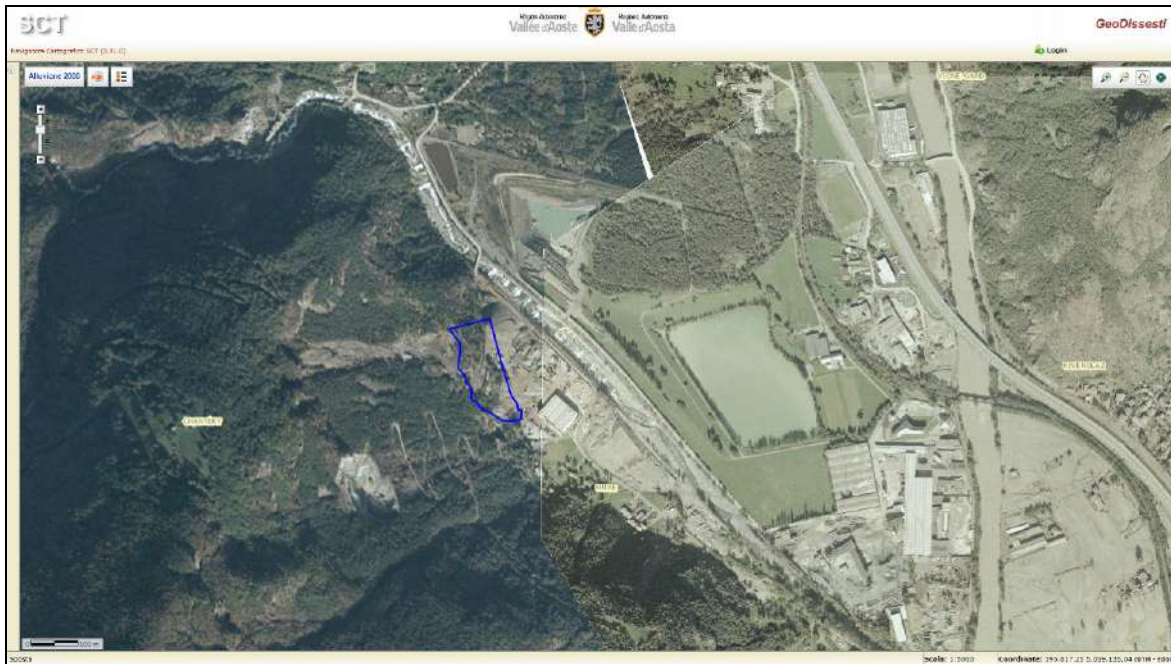


GeoDissesti – sito web RAVA



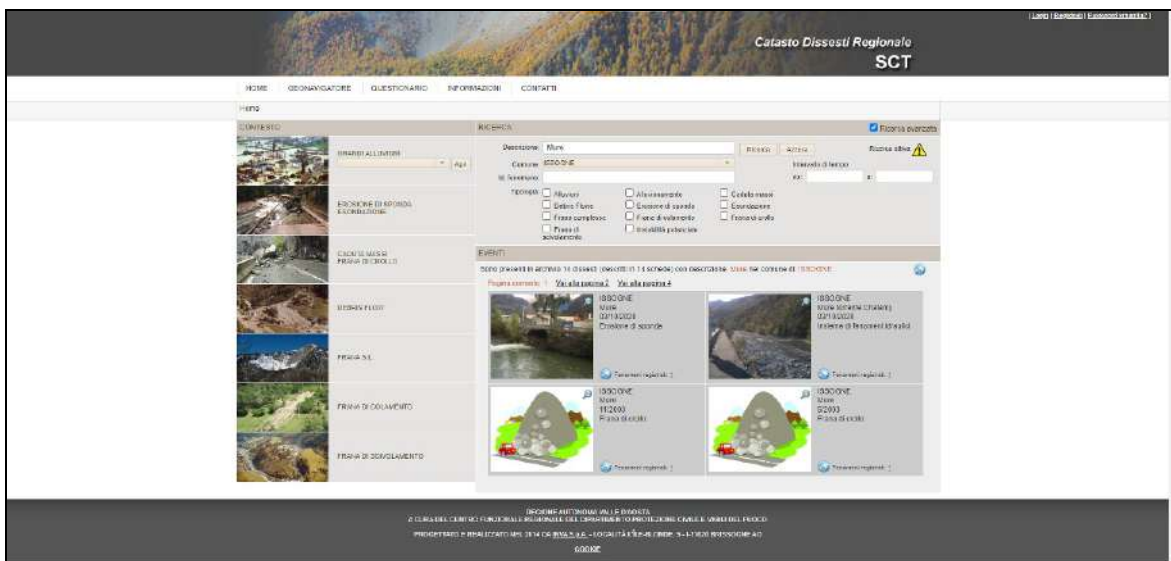
Carta dei dissesti – GeoNavigator – sito web RAVA

Immediatamente a valle della cava vengono segnalate delle esondazioni verificatesi durante l'evento alluvionale dell'ottobre del 2000: le acque di esondazione hanno invaso i terreni pianeggianti più prossimi alla strada comunale, senza coinvolgere l'areale della cava in oggetto.



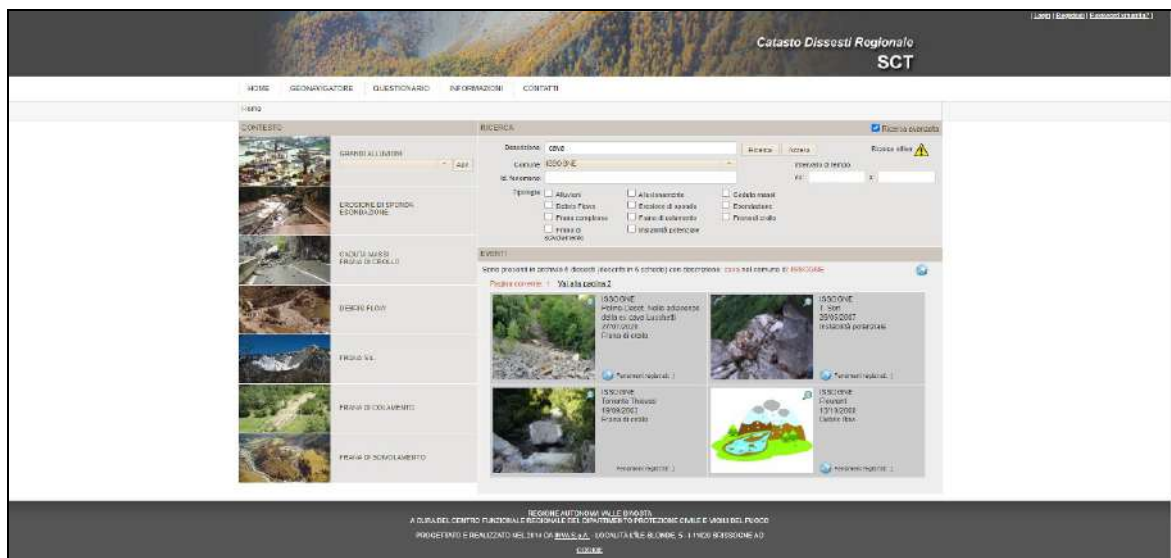
Ortofoto alluvione 2000 – Geodissesti – sito web RAVA

Si segnala infine che la disamina dei dissesti è stata riferita non solo ai fenomeni georiferiti (fonte: <https://mappe.regione.vda.it/pub/geodissesti/>) ma anche ai dati provenienti dalle ricerche dal catasto dissesti regionale <http://catastodissesti.partout.it/>, per campo località e/o per campo descrizione.




Catasto Dissesti Regionale SCT – ricerca per località

Relativamente alla ricerca per località (“Mure”) sono stati censiti diversi fenomeni: solo uno di questi è riferibile al sito in oggetto (id fenomeno 5922), come riportato precedentemente.



Catasto Dissesti Regionale SCT – ricerca per descrizione

Relativamente alla ricerca per descrizione (“cava”) sono stati censiti diversi fenomeni. Uno di questi (id fenomeno 15777), avvenuto nel 1976, descrive un fenomeno di crollo in località Montillon (località non rintracciata e non corrispondente agli odierni toponimi ufficiali) che ha invaso una vecchia cava di marmo: si tratta di un evento che non è riferibile con certezza al sito in oggetto.

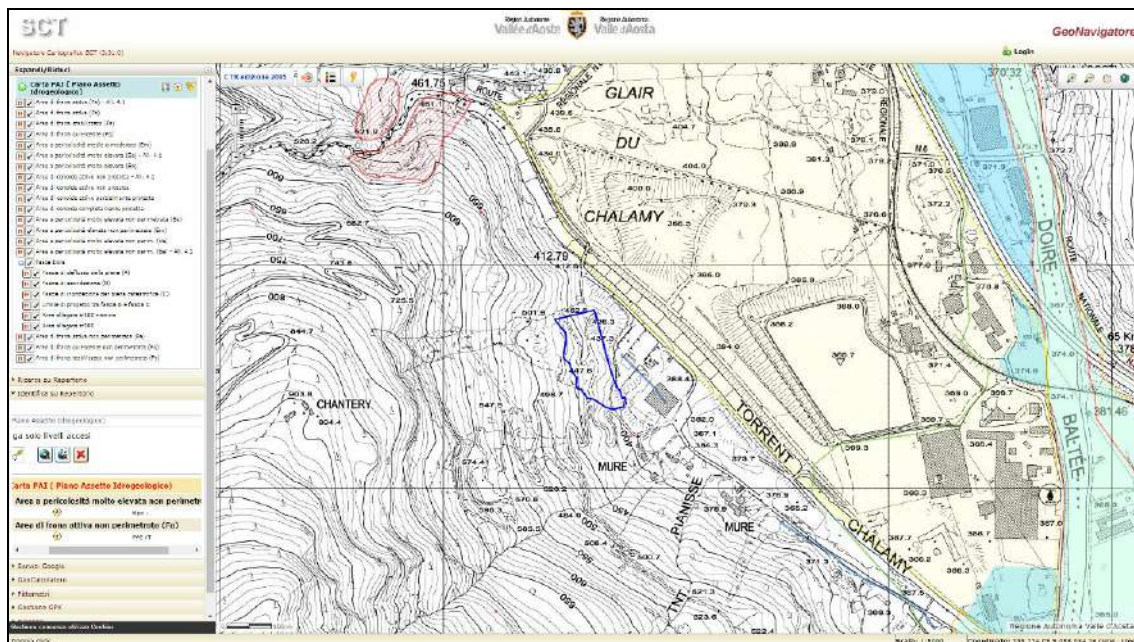
 Département de la protection civile et des sapeurs-pompiers - Chef de la Protection civile Centre fonctionnel régional Dipartimento Protezione Civile e Vigili del fuoco Centro funzionale regionale	
CATASTO DISSESTI REGIONALE SCT	
Codice fenomeno	F-00-11-1976-00-v-Fr-x
Id. fenomeno	15777
Nome fenomeno	Frana a Montillon (Issogne) del novembre 1976
Sottocategoria	Frana
Data e ora	novembre 1976 (dedotto)
Descrizione	'Comunicasi dell'avvenuta caduta di una frana di massi (8-10 mc. ognuno di media) e materiale terroso misto a sassame di varia grandezza, per un fronte di 35-40 ml., probabilmente originata dal crollo di grossi massi in bilico lungo una falda molto pendente, che con il rotolio a valle hanno smosso parecchio materiale. Mentre i sassi più grandi sono andati a fermarsi nell'alveo del torrente 'Chalamy' in prevalenza, il rimanente materiale si è adagiato sul piazzale di una vecchia cava di marmo abbandonata ed anch'essa situata nei pressi del predetto alveo.'
Cause	'...probabilmente originata dal crollo di grossi massi in bilico lungo una falda molto pendente, che con il rotolio a valle hanno smosso parecchio materiale.'
Dim./Morfometria	'...frana di massi (8-10 mc. ognuno di media) e materiale terroso misto a sassame di varia grandezza, per un fronte di 35-40 ml...' 'Mentre i sassi più grandi sono andati a fermarsi nell'alveo del torrente 'Chalamy' in prevalenza, il rimanente materiale si è adagiato sul piazzale di una vecchia cava di marmo abbandonata ed anch'essa situata nei pressi del predetto alveo.'
Danni	-
Comune	ISSOGNE
Località	Montillon
Bacino princ.,sec.	Dora Baltea, Bacino T. Chalamy
Bacino locale	-
Fonte	Ente produttore: Forestale: R.A.V.A. - Assessorato Agricoltura e Foreste - Corpo Forestale - Stazione di ... Oggetto/Titolo: 'Issogne - Caduta frana in località Montillon - Segnalazione' Allegati: -

Catasto Dissesti Regionale SCT – scheda fenomeno 15777

4.7.2 Piano stralcio dell'Assetto Idrogeologico

Secondo il PAI (Piano stralcio dell'Assetto Idrogeologico) il settore oggetto di studio non è posto all'interno di zone critiche censite: tuttavia è situato in prossimità di un'area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee) ed in un'area di frana attiva non perimetrata (Fa).

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia del progetto PAI.



Carta PAI – GeoNavigator – sito web RAVA

4.7.3 Dati PSInSARTM

La propensione al dissesto dell'areale è stata valutata attraverso l'analisi dei dati PSInSARTM presenti sul Geoportale della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

Per l'interpretazione dei dati si è fatto riferimento alle "Linee guida per l'utilizzo dei dati interferometrici del Geoportale della Regione Autonoma Valle d'Aosta" realizzato dal Centro per la Protezione Civile dell'Università degli studi di Firenze in collaborazione con il Dipartimento programmazione, risorse idriche e territorio della Regione Autonoma Valle d'Aosta.

L'interferometria radar satellitare rappresenta uno strumento efficace per la misura delle deformazioni della superficie terrestre con un'accuratezza millimetrica.

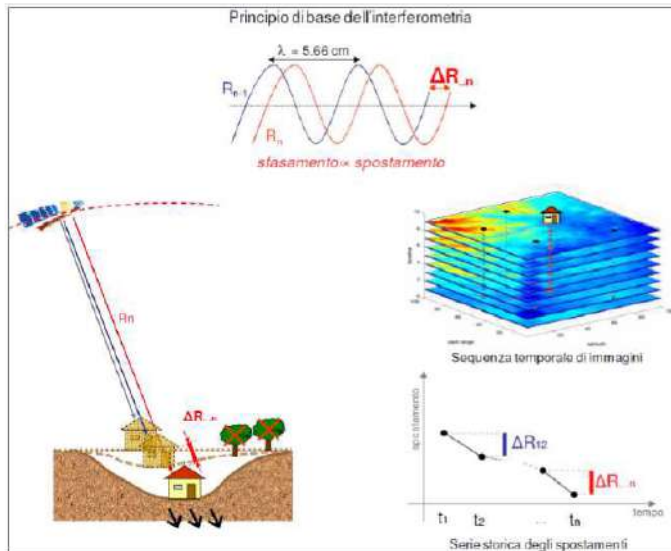
L'interferometria satellitare si basa sulla misura delle variazioni di fase tra due acquisizioni del satellite nello stesso punto. Il satellite passa su di un punto acquisendo un segnale la cui fase è dipendente dalla distanza sensore-bersaglio in quel dato momento. In caso di movimento del terreno la distanza sensore bersaglio aumenta e di conseguenza la fase subisce una variazione misurabile. Questo tipo di elaborazione viene comunemente chiamata interferometria differenziale (acronimo DInSAR).

Tuttavia diversi effetti riducono, o compromettono la qualità dei risultati ottenuti con l'analisi DInSAR. In primo luogo, i fenomeni di decorrelazione temporale. Questi sono causati dalla variabilità delle proprietà elettromagnetiche (riflettività) dei bersagli radar tra i diversi giorni di acquisizione del dato e dalla distanza tra le due orbite effettivamente percorse dal sensore durante l'acquisizione delle due immagini.

Tali limiti sono stati superati con lo sviluppo delle tecniche multi-interferometriche. Queste tecniche si basano sull'analisi di tipo multi-interferogramma o multi-immagine, cioè utilizzano una lunga serie di immagini radar relative ad una stessa area all'interno

della quale vengono identificati alcuni bersagli che vengono utilizzati per la misura degli spostamenti.

Le tecniche multi-interferometriche si basano sulla definizione in ogni immagine radar dei così detti riflettori permanenti (Permanent Scatterers), rappresentati da elementi già presenti al suolo che mantengono la stessa “firma elettromagnetica” in tutte le immagini al variare della geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche, preservando quindi l’informazione di fase nel tempo. Questi punti, essendo praticamente immuni da effetti decorrelazione temporale e spaziale, consentono di seguire gli spostamenti intercorsi tra multiple immagini radar, preservando l’informazione di fase nel tempo.



disponibili.

La particolare combinazione tra il moto del satellite che orbita intorno alla terra ed il movimento di rotazione della Terra, permette al sensore di rilevare la stessa area geografica secondo due differenti geometrie:

- In modalità ascendente, quando il satellite percorre l’orbita da S verso N, e illumina l’area da O verso E;
- In modalità discendente, quando il satellite percorre l’orbita da N verso S, e illumina l’area da E verso O.

Come conseguenza delle diverse geometrie di acquisizione si possono registrare deformazioni di segno opposto. Per convenzione si hanno segni positivi per spostamenti in avvicinamento lungo la congiungente sensore-bersaglio e segni negativi per allontanamenti rispetto al sensore.

I dati presenti sul GeoNavigator vengono visualizzati secondo una specifica scala colori, e sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione [mm/anno]; inoltre a seconda del verso del simbolo viene specificato anche il segno (positivo o negativo).

La visualizzazione dei dati permette di avere indicazioni utili sul tipo di fenomeno che ha generato i movimenti del terreno registrati da satellite. In particolare:

- in zone pianeggianti, velocità aventi lo stesso segno in entrambe le orbite sono riferibili a movimenti di abbassamento o innalzamento del terreno;
- in zone pianeggianti, velocità di segno opposto nelle due orbite, soprattutto se riferite a punti isolati non sono da considerare come effettivamente legate ad un movimento del terreno ma a problemi in fase di elaborazione del dato;
- in zone montane o collinari, velocità aventi segno opposto nelle due orbite sono molto probabilmente legate a movimenti di versante;
- in zone montane o collinari, velocità dello stesso segno in entrambe le orbite sono legate a frane solamente in caso in cui la componente principale sia sub-

I PS corrispondono generalmente ad elementi già presenti al suolo, quali strutture di origine antropica (edifici, monumenti, strade, linee ferroviarie, antenne, tralicci, elementi metallici, etc.), oppure elementi naturali (affioramenti rocciosi, accumuli di detrito).

Per ogni singolo bersaglio si ricavano la posizione, il trend medio di deformazione e l’intera serie temporale degli spostamenti, fornendo un valore di spostamento per ognuna delle acquisizioni

verticale, riscontrabile solitamente nelle porzioni di corona di scivolamenti rotazionali o di frane complesse. Negli altri casi, i dati satellitari devono essere attentamente valutati caso per caso.



PS-InSAR orbita ascendente – GeoNavigator – SCT outil – sito web RAVA



PS-InSAR orbita discendente – GeoNavigator – SCT outil – sito web RAVA

Nel settore di versante comprendente l'area di intervento sono stati riconosciuti movimenti superficiali solo di piccola entità, pari a pochi millimetri all'anno. Si segnalano alcuni settori prossimi alle piste di accesso al versante e alle zone di deposito temporaneo che presentano movimenti legati essenzialmente allo spostamento del materiale.

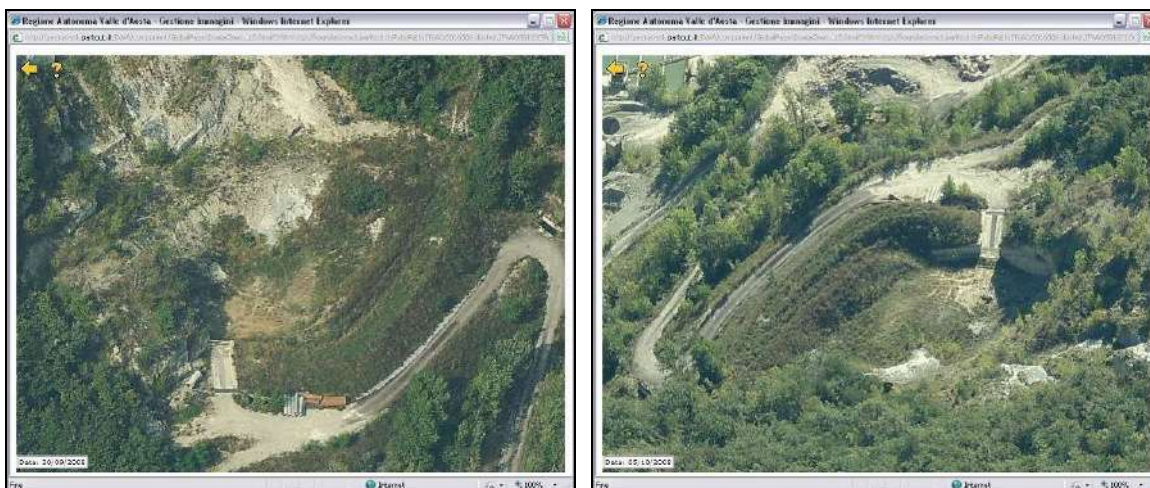
Sul versante si ha una plaga detritica con evidenze di movimento (cerchio fucsia): si tratta di un limitato areale posto a circa 550 m slm all'interno del bosco. In virtù del fatto che il bosco non mostra segni evidenti di deforestazione, si può affermare che si tratta di blocchi che si muovono all'interno del perimetro privo di vegetazione.



PS-InSAR orbita ascendente – Dettaglio - GeoNavigator – SCT outil – sito web RAVA

4.7.4 Opere di difesa esistenti

A seguito dell'evento del 2000, l'amministrazione comunale ha realizzato un vallo in terra a valle della colata di Chantery. Contestualmente è stata eseguita la regimazione delle acque superficiale del settore con la creazione di una rete di collettori di intercettazione posti sulla pista di accesso e sul settore terminale del versante, raccordati ad uno scarico posto a Nord dell'area.



Vallo in terra a valle della colata del 2000



Scarico acque superficiali



Scarico acque superficiali

Attualmente le opere si presentano in buono stato e su di esse viene effettuata regolarmente la manutenzione.

4.8 **PROBLEMATICHE RELATIVE ALLA PRESENZA DI AMIANTO**

Un paragrafo a parte merita l'approfondimento relativo alla problematica dell'amianto, associato alla presenza delle oficarbonatiti, degli serpentinoscisti e delle serpentiniti.

Le serpentiniti rappresentano in Valle d'Aosta uno dei litotipi più diffusi. Sono caratterizzate da corpi di potenza ettometrica che si estendono, in alcuni settori, per diversi chilometri. Si tratta di rocce caratterizzate da struttura massiccia e grana fine, spesso passanti, in particolare in corrispondenza di contatti tettonici o zone di taglio, a brecce serpentinitiche, o cloritoscisti e serpentinoscisti fortemente laminati.

Sono rocce originariamente ricche di olivina (come minerale fondamentale), dalla cui trasformazione metamorfica sono derivati i minerali dell'amianto che, per la normativa italiana (D.L. n. 227 del 1991), comprende sei composti appartenenti a due distinti gruppi:

- • crocidolite (amianto blu), amosite (amianto bruno), antofillite, actinolite e tremolite (gruppo degli anfiboli – silicati di calcio e magnesio)
- • crisotilo (gruppo del serpentino – silicati di magnesio).

Crisotilo, tremolite e actinolite, possono essere contenuti nelle rocce interessate dall'attività estrattiva, concentrati in vene di spessore ed estensione variabili.

In generale la valutazione del tenore di amianto entro un ammasso roccioso serpentinitico è oltremodo ardua, soprattutto per l'imprevedibilità della distribuzione delle vene entro le quali si concentra.

La coltivazione dovrà effettuare lo specifico studio relativo alla pericolosità dovuta all'eventuale rinvenimento di amianto ai sensi della normativa vigente (Decreto Ministeriale 14 maggio 1996 *Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto"* - D.Lgs.257/06 *Protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto* - D. Lgs 81 del 9 aprile 2008 *Attuazione dell'art 1 della Legge 3 agosto 2007, n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*).

In base alle preliminari osservazioni di terreno non si sono rilevati significativi affioramenti di materiale fibroso: per materiali fibrosi si intendono quelli che cristallizzano formando molteplici fibre lunghe e sottili, che sono sostanzialmente aggregati di lunghi aghi. Il termine amianto o "asbesto" è un nome generico per designare un gruppo di silicati con abito fibroso. La presenza di amianto crisotilo in queste rocce è ampiamente conosciuta e descritta in letteratura. È tuttavia estremamente difficile la determinazione delle percentuali in volume di tale minerale, anche se è assodato che si tratta di quantitativi estremamente bassi.

Per la valutazione della presenza di amianto nei materiali che verranno asportati, si è preso come riferimento un'analisi eseguita nel 2016 su di un campione di roccia presente nell'affioramento posto immediatamente a valle del piazzale. È stata quindi eseguita una prova denominata "indice di rilascio". L'indice di rilascio è determinato utilizzando come parametri la percentuale di amianto liberato e la densità relativa del materiale solido.

Per la determinazione della percentuale in peso di amianto in fibre liberate viene suggerita la seguente procedura:

- pesatura materiale
- sfregamento tramite automacinazione per quattro ore mediante apposita macchina
- lavaggio del materiale, filtrazione del liquido di lavaggio e raccolta della polvere su filtro
- analisi della polvere con metodi quantitativi per la valutazione della presenza di amianto in fibre (IR o SEM)

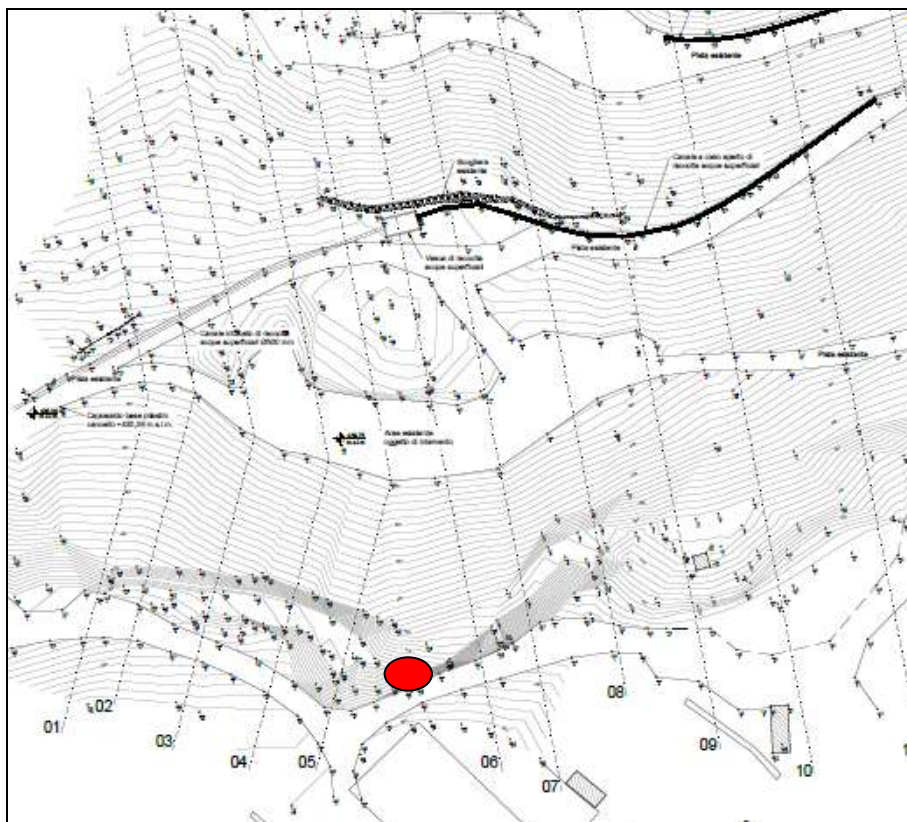
Successivamente si applica la seguente formula:

$$I.r. = \text{percentuale di amianto liberato} / \text{percentuale di densità relativa}$$

Dove densità relativa = densità apparente/densità assoluta.

Nella classificazione dei materiali naturali si fa riferimento quindi all'indice di rilascio, modificato in modo da utilizzare la percentuale di amianto rilasciato dal materiale e non la percentuale di amianto totale. Il materiale viene quindi definito non pericoloso quando l'indice di rilascio è inferiore o uguale a 0,1.

Nel nostro caso è stato prelevato un campione nel settore di affioramento posto appena a valle del piazzale.



Planimetria del 2016 con evidenziato il punto di campionamento

Il campione è stato quindi sottoposto all'Indice di rilascio presso il laboratorio Tecno Piemonte SpA di Lenta VC.

Il rapporto di prova n°08637/43/108 del 06/10/2016 indica che *“il campione in esame è stato sottoposto ad analisi con la tecnica della Spettrofotometria a raggi infrarossi in trasformata di Fourier (FT-IR), mediante la quale non è stata riscontrata la presenza di fibre di amianto”*.



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN. INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 365/01
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente: **Servival S.r.l.**
Frazione Mure
11020 Issogne (AO)

RAPPORTO DI PROVA N° 08637/43/108 del 06/10/2016 Rev. 1

Pagina 1 di 2

Verbale di accettazione n° **1908/CR** del **03-ott-16** Vs. rif. **-**

SETTORE **AMBIENTE**

DIRETTORE DEI LAVORI :	-
PROPRIETA' O ENTE APPALTANTE:	Servival S.r.l.
CANTIERE :	Issogne - Loc. Mure
METODO DI CAMPIONAMENTO:	A cura e responsabilità del Cliente
MODALITA' DI PRELIEVO:	A cura e responsabilità del Cliente
DATA E ORA DI CAMPIONAMENTO :	Non dichiarati
DATA DI RICEZIONE CAMPIONE :	03/10/2016 ore 14:00
UBICAZIONE PRELIEVO :	Area cava
NATURA DEL CAMPIONE:	Materiale lapideo
CONTRASSEGNO CAMPIONE:	Campione A
VS. VERBALE DI PRELIEVO:	-
Ns. PROTOCOLLO NUMERO :	1908_1
RIFERIMENTO DI LEGGE:	D.M. 06/09/1994

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova.

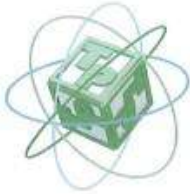
IL RESPONSABILE DEL SETTORE AMBIENTE	<i>Dott. Irene SBERNA</i>
LO SPERIMENTATORE	<i>Dott. Alberto PEDULLA</i>

SEDE AMM. / OPERATIVA:
Sutale Valsusa, 20
13035 Lenta (Vr)

SEDE LEGALE:
Via G. Pizzano, 12
28076 Romagnolo Sesia (No)

UNITA' LOCALI:
13836 Cossato (Bj) - Via Cortigiani, 5t
00161 Roma - Via De' Restai, 4

Tel. +39 - 0153.885.111 - Fax. +39 - 0103.885.028 - E-mail: tecnopiemonte@tecnopiemonte.com - www.tecnopiemonte.com
P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO. 136553 - CAP. SOC. € 2.400.000,00 I.V. - TRIB. MO 7192



TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1068/71 - DPR. 380/01
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



RAPPORTO DI PROVA N° 08637/43/108 del 06/10/2016		Pagina 2 di 2	
Verbale di accettazione n°	1908/CR	del 03-ott-16	Vs. rif. -

Il campione in esame è stato sottoposto ad analisi con la tecnica della Spettrofotometria a raggi infrarossi in trasformata di Fourier (FT-IR), mediante la quale non è stata riscontrata la presenza di fibre di amianto

CONCLUSIONI

Materiale non inglobante fibre di amianto

È vietata la riproduzione parziale o totale di questo documento senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

SEDE AMM. / OPERATIVA:
Statale Valsesia, 20
13035 Lenia (Vc)

SEDE LEGALE:
Via C. Pizzorno, 12
28078 Romagnano Sesia (No)

UNITÀ LOCALI:
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54
00161 Roma - Via De Rossi, 4

Tel. +39 - 0163.885.111 - Fax. +39 - 0163.885.028 - E-mail: tecnopiemonte@tecnopiemonte.com - www.tecnopiemonte.com
P. IVA 00580090031 - R.E.A. NO 138553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192

002 (c)



In considerazione di quanto descritto e dell'esito dell'analisi che non evidenzia valori di contaminazione oltre quanto previsto dalla normativa: in un'ottica cautelativa si riporta di seguito uno schema delle fasi progettuali e lavorative, evidenziando la scansione temporale, le misure preventive e gli interventi da eseguire.

FASE LAVORATIVA	MISURE PREVENTIVE	INTERVENTI
<i>Fase preventiva</i>	Prima dell'inizio dei lavori e dopo la pulizia del versante, verificare la presenza di affioramenti di amianto	Nel caso in cui si verificasse la presenza di settori con amianto, effettuare l'incapsulamento con intonacatura della superficie con uno strato di almeno 3 cm di malta a base di calce. L'areale incapsulato deve quindi essere messo in evidenza attraverso l'apposizione di segni (tipo croci) di colore rosso effettuati con la vernice spray indelebile.
<i>Fase operativa</i>	Valutazione della presenza di fibre di amianto messe a giorno durante le lavorazioni.	In caso di rinvenimento di filoni o di "ciuffi" di fibre, sospensione della coltivazione in tale settore prima che il Geologo indichi le procedure e le modalità di gestione dell'emergenza. Effettuare una azione preventiva, ad esempio mediante incapsulamento o altri idonei sistemi e quindi modificare opportunamente la procedura di estrazione.
<i>Ripresa attività dopo soste prolungate e/o piogge intense</i>	Prima della ripresa delle lavorazioni dopo soste prolungate e/o piogge intense, verifica del fronte di cava.	In caso di rinvenimento di filoni o di "ciuffi" di fibre, sospensione della coltivazione in tale settore prima che il Geologo indichi le procedure e le modalità di gestione dell'emergenza.

5. PRAE

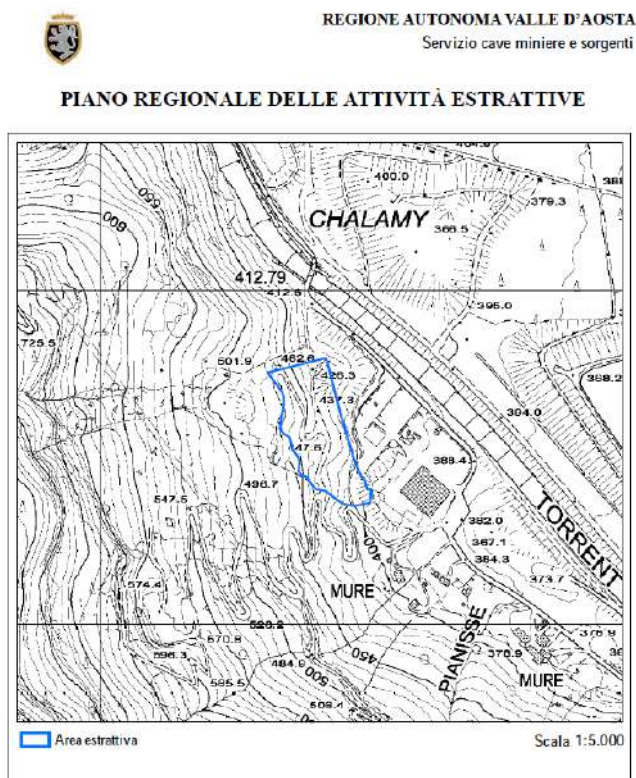
Con l'aggiornamento del Piano regionale delle attività estrattive (PRAE), approvato con deliberazione del Consiglio regionale n. 2898/XIII del 27 marzo 2013, l'area di Mure rientra pienamente all'interno delle aree dove è possibile coltivare. Nello specifico la cava di Mure è attualmente una cava di pietrame.

Di seguito si riportano gli stralci relativi al PRAE approvato.

6.2 Piano pietrame

Comune	Area estrattiva
1 Arvier	Chamençon
2 Arvier	Combarou
3 Arvier	Lucet
4 Brusson	Clapey d'Herbes
5 Champorcher	Ban
6 Cogne	Pont de Laval
7 Emarèse	Champeille
8 Emarèse	Fontillon
9 Fénis	Cerise
10 Gaby	Gattinery
11 Issogne	Mure
12 Issogne	Sommet de Ville
13 Jovençon	Gapard
14 Lillianes	Barnettes
15 Montjovet e Emarèse	Ciseran
16 Nus	Lavenche
17 Saint-Marcel	Verhuc
18 Valpelline	Champette
19 Villeneuve	Champlong

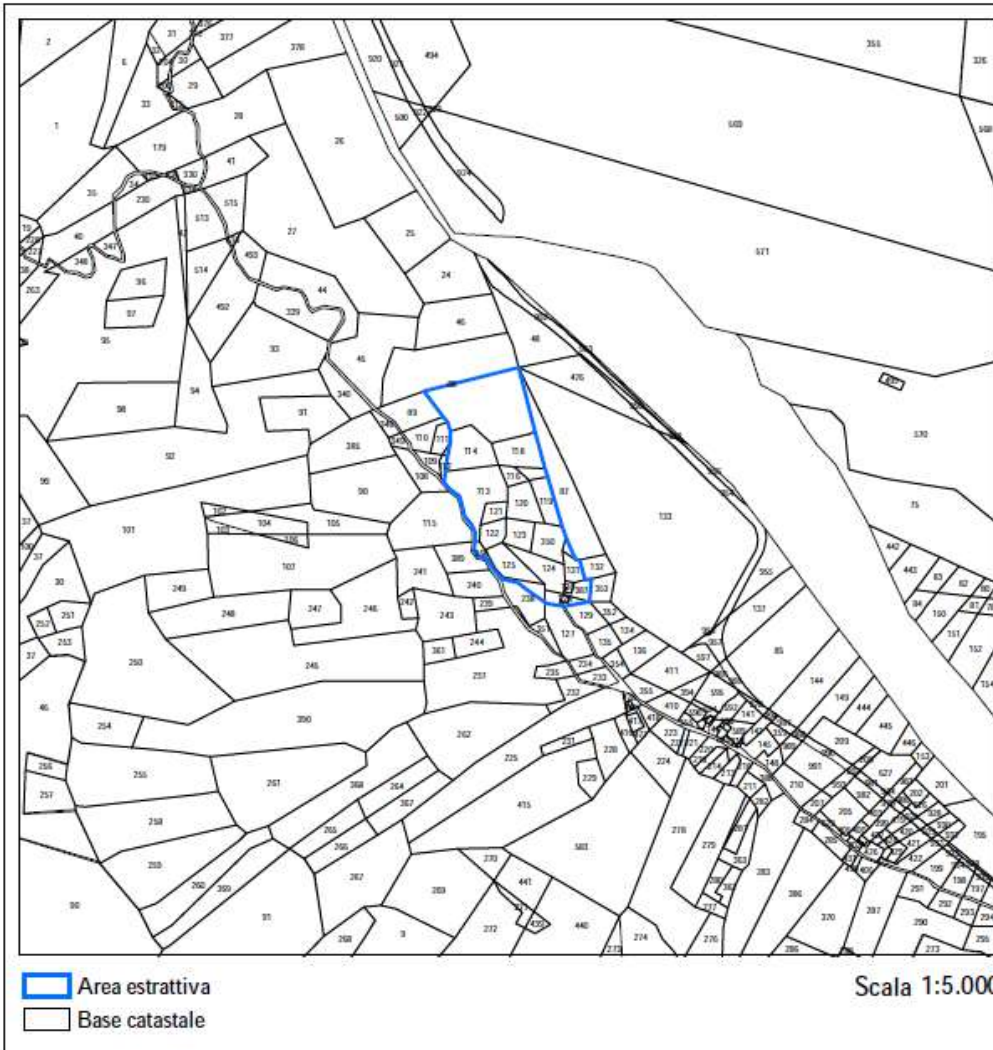
Superficie totale aree	Volume totale estraibile
893.000 mq	2.285.000 mc



COMUNE: ISSOGNE
DENOMINAZIONE: Mure
TIPOLOGIA: Pietrame



PIANO REGIONALE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE



COMUNE: ISSOGNE

DENOMINAZIONE: Mure

TIPOLOGIA: Pietrame

RIFERIMENTI CATASTALI (n° particella(Foglio))

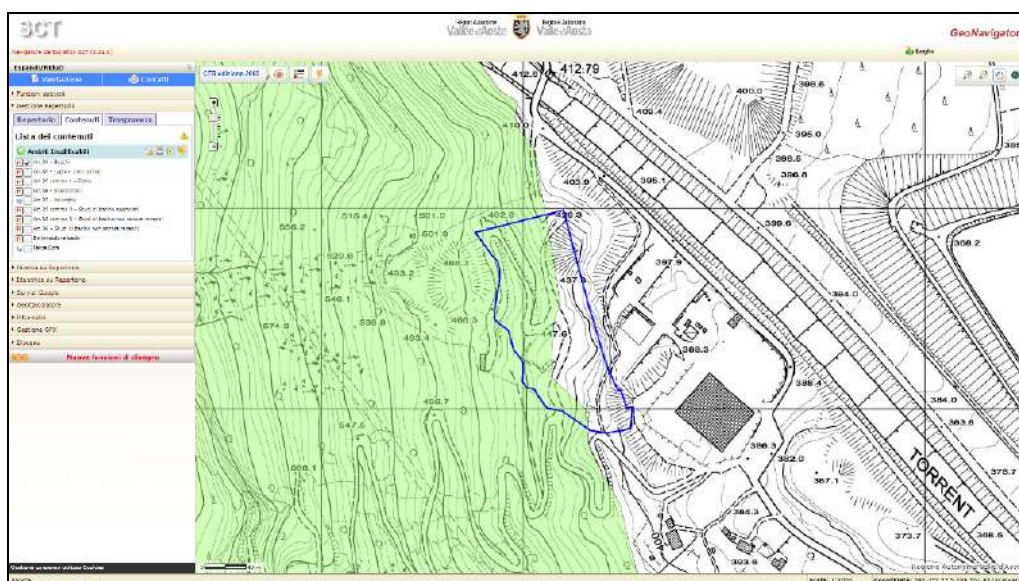
113(F3) ,114(F3) ,116(F3) ,118(F3) ,119(F3) ,120(F3) ,121(F3) ,122(F3) ,123(F3) ,124(F3) ,125(F3) ,127(F3) ,128(F3) ,129(F3) ,130(F3) ,131(F3) ,238(F3) ,
350(F3) ,360(F3) ,387(F3) ,87(F3) ,88(F3)

6. AMBITI INEDIFICABILI E VINCOLI TERRITORIALI

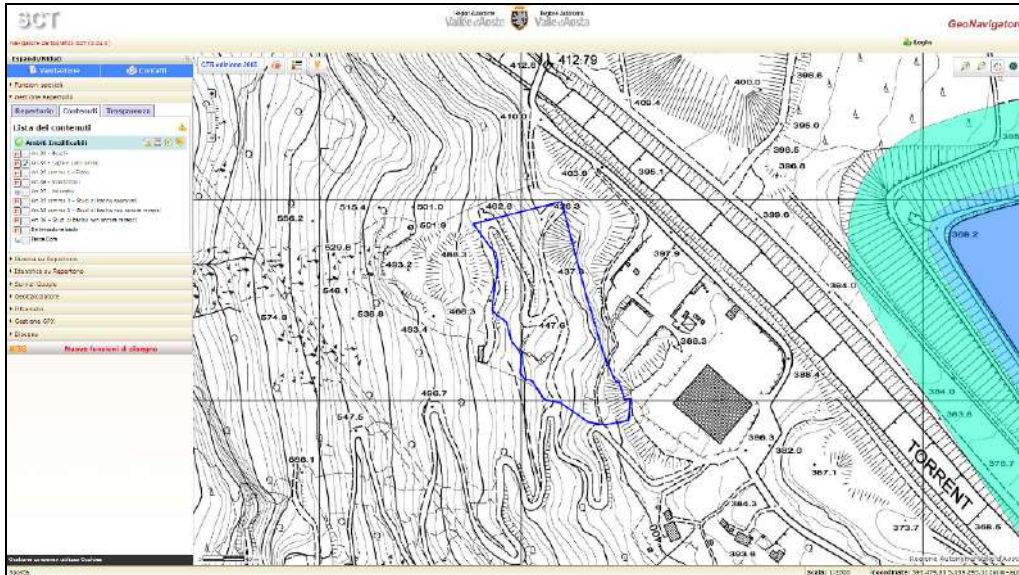
Il settore oggetto degli interventi risulta essere posto all'interno delle **AREE** boscate, delle **ZONE** inedificabili per frana (artt. 33 e 35 L.R. 11/98 e suc. mod.), del vincolo idrogeologico e dei vincoli paesaggistici.

Nello specifico, il settore di coltivazione rientra nelle zone F1 e F2 per frana.

VINCOLI	Riferimenti di legge	PRESENZA	PARERE
<i>Ambiti inedificabili – aree boscate</i>	<i>art. 33 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>	X	X
<i>Ambiti inedificabili – zone umide e laghi</i>	<i>art. 34 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Ambiti inedificabili – frane</i>	<i>art. 35 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>	X	
<i>Ambiti inedificabili – fenomeni di trasporto in massa</i>	<i>art. 35 comma 2 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Ambiti inedificabili – inondazioni</i>	<i>art. 36 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Ambiti inedificabili – valanghe</i>	<i>art. 37 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Fasce di rispetto – Fasce di rispetto dei corsi d'acqua e delle vasche di carico</i>	<i>art. 41 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Fasce di rispetto – Fasce di tutela, rispetto e protezione delle captazioni e delle opere di stoccaggio delle acque per consumo umano</i>	<i>art. 42 – L.R. 11/98 e s.m.i.</i>		
<i>Vincolo idrogeologico</i>	<i>R.D. 3267 – 30/12/1923</i>	X	X



Art. 33 – GeoNavigator – sito web RAVA



Art. 34 – GeoNavigator – sito web RAVA

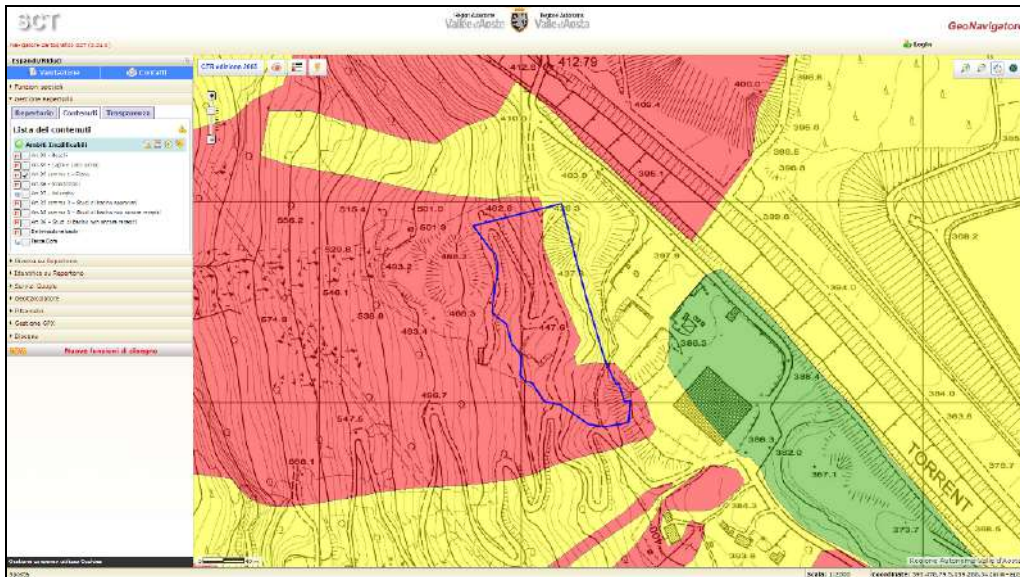
La legge regionale 11/98 e suc mod. e relative delibere attuative (delibera della Giunta regionale 2939 del 10 ottobre 2008), prevede che:

Art. 35 – F1

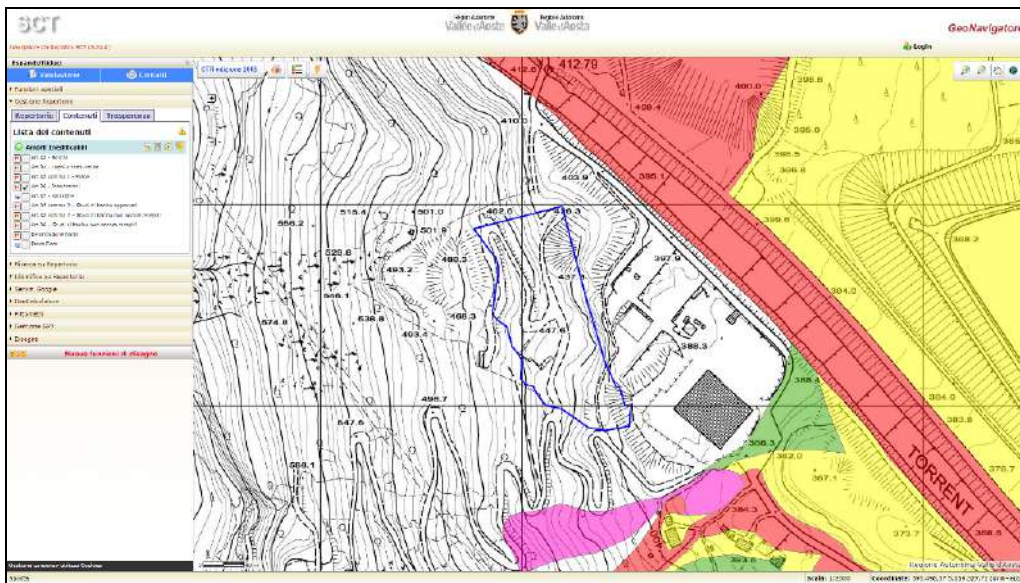
2. *Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1– F1, sono consentiti:*
 - a) *i seguenti interventi su edifici e fabbricati esistenti:*
 - 1) *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria;*
 - 2) *gli interventi di restauro e di risanamento conservativo sui fabbricati classificati documento o monumento o di pregio storico, culturale, architettonico, ambientale e sui beni culturali isolati di cui all'articolo 37 delle norme tecniche di attuazione del PTP, purché compatibili con il carattere architettonico delle strutture edilizie preesistenti, nei limiti delle variazioni di volume consentiti e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;*
 - 3) *gli interventi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti ubicati nelle zone di tipo A edificate del PRG, nei limiti della sagoma dell'edificio, per quanto concerne gli interventi di ristrutturazione edilizia, o delle variazioni di volume consentite, nel caso degli interventi di risanamento conservativo, e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste, compresi :*
 - i mutamenti di destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere e), f), h), i), l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998,
 - i mutamenti di destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere d), dbis), g) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998, limitatamente a fabbricati o porzioni di fabbricati all'interno dei quali esistano già unità destinate ad abitazione;
 - 4) *gli interventi di restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti destinati ad usi e attività di carattere agro-silvo-pastorali, compresi gli interventi per la realizzazione di residenze temporanee connesse alla conduzione aziendale e alla commercializzazione dei prodotti agricoli, ma esclusi gli interventi per lo svolgimento dell'attività di agriturismo ove non già esistente;*
 - 5) *nei limiti della sagoma dell'edificio, gli interventi edilizi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti destinati ad attività produttive, energetiche, ricreative, culturali, sportive, commerciali, turistiche e ricettive (senza aumento del numero di posti letto) e i mutamenti di destinazione d'uso da categorie diverse alle*

categorie di cui alle lettere e), f), h), i) e l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998; tali interventi devono essere finalizzati all'ammodernamento e alla razionalizzazione delle attività e devono essere adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;

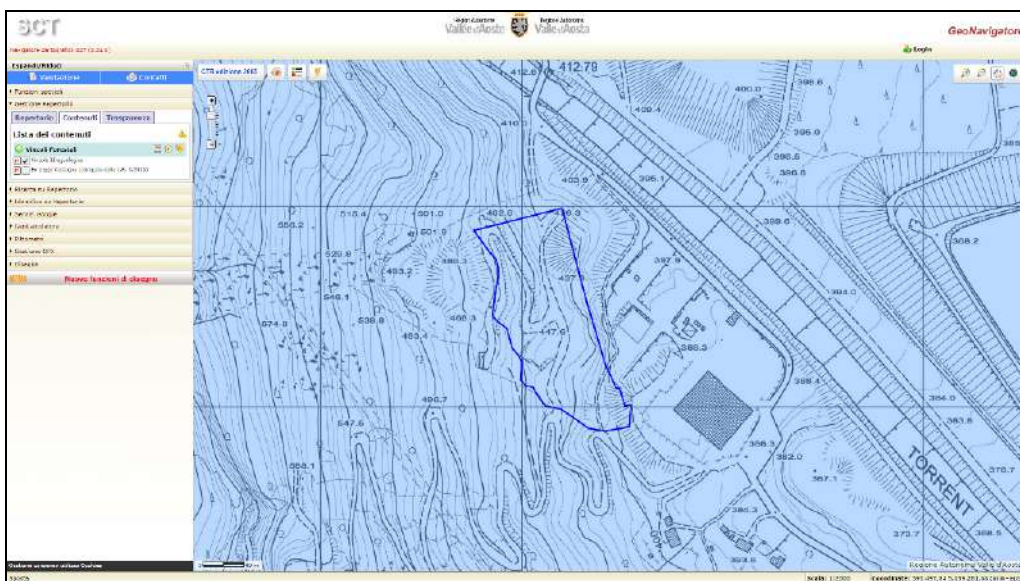
- 6) gli interventi di adeguamento igienico-sanitario, tecnologico e di fruibilità degli edifici esistenti, compresi gli aumenti di volume a ciò strettamente necessari;
- b) nei limiti di quanto previsto dal PRG, la realizzazione di strutture pertinenziali agli edifici esistenti, come tali prive di funzioni autonome e destinate invece al servizio esclusivo degli edifici predetti, compresi le autorimesse, i parcheggi a raso e i posti auto all'aperto, per soddisfare le esigenze degli occupanti o delle attività produttive, agro-silvo-pastorali, ricreative, culturali, sportive, turistiche o commerciali in atto negli edifici stessi;
- c) i seguenti interventi relativi alle infrastrutture viarie:
- 1) finalizzati a mantenere o riportare in efficienza l'infrastruttura viaria, a garantirne o a migliorarne la sicurezza mediante opere di protezione, di segnalazione, di adeguamento funzionale e di allargamento della sede dell'infrastruttura stessa;
- 2) la realizzazione di attraversamenti di impluvi e/o di corsi d'acqua, di sovrappassi e di sottopassi, di rotonde, di marciapiedi, di aree di sosta e/o di manovra, di parcheggi a raso e di posti auto al servizio di edifici esistenti, di passi carrabili e di rampe di accesso ad edifici e strutture esistenti;
- d) gli interventi volti a migliorare la tutela della pubblica incolumità dai fenomeni di natura idraulica, geologica e valanghiva presenti in loco, ivi comprese le piste di cantiere e gli accessi per la realizzazione dell'opera e per garantire la manutenzione e la gestione delle opere stesse;
- e) gli interventi di regimazione delle acque, superficiali e sotterranee, compresi quelli per la realizzazione di opere di derivazione delle acque e di accesso all'alveo;
- f) gli interventi di sistemazione agraria o di rimodellamento del terreno, comprensivi di ogni intervento infrastrutturale necessario;
- g) gli interventi di adeguamento funzionale di infrastrutture puntuali, lineari e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;
- h) gli interventi di nuova costruzione di infrastrutture puntuali, lineari (ad eccezione delle piste di sci e degli impianti a fune), viarie (ad eccezione delle strade comunali, regionali e statali, delle autostrade e delle ferrovie) e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;
- i) gli interventi di demolizione di fabbricati ed infrastrutture;
- j) gli interventi finalizzati all'impianto e all'esercizio di cantieri temporanei mobili, ivi compresi gli accessi temporanei per la realizzazione dell'opera;
- k) la realizzazione di infrastrutture connesse con l'attività estrattiva, la realizzazione di impianti per la lavorazione del materiale derivante da attività estrattiva e la realizzazione di depositi temporanei di materiali inerti;
- l) gli interventi di potenziamento, di adeguamento e di nuova costruzione di impianti di trattamento delle acque reflue e di infrastrutture per la gestione dei rifiuti, quali depositi temporanei, discariche e aree di conferimento dei rifiuti, comprese le infrastrutture di accesso e quelle necessarie al loro funzionamento, ove non altrimenti localizzabili.
3. Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1– F1, i progetti relativi agli interventi sottoindicati, ammissibili ai sensi del precedente punto 2., devono essere altresì corredati da uno specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio indicate:
- a) gli interventi edilizi di cui alla lettera a), strutturalmente rilevanti, secondo quanto indicato nelle definizioni generali;
- b) gli interventi di cui alle lettere b), c.1), c.2), ad esclusione dei passi carrabili e delle rampe di accesso, d), e), f), g), h), i), j), k) e l).



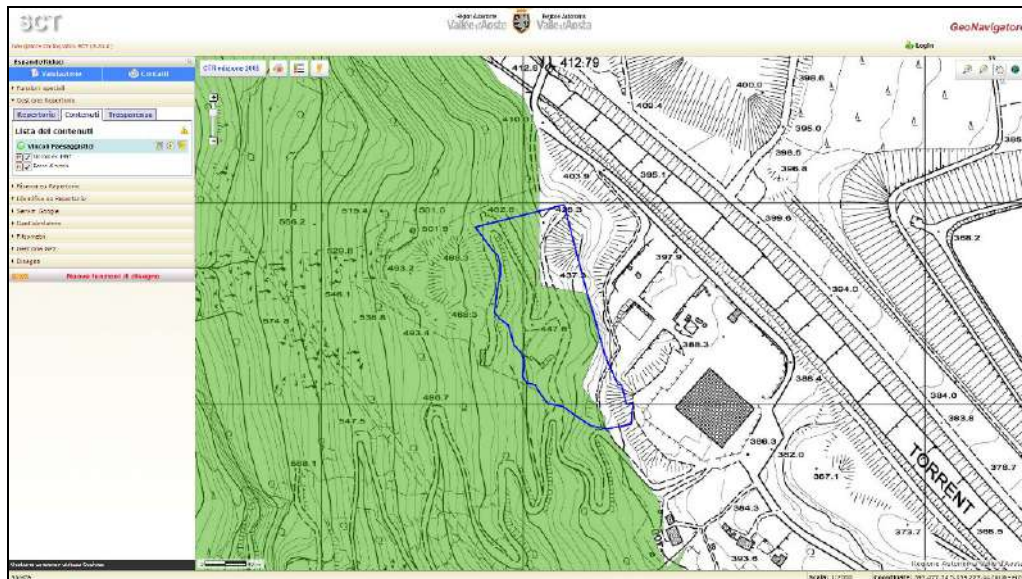
Art. 35 – GeoNavigator – sito web RAVA



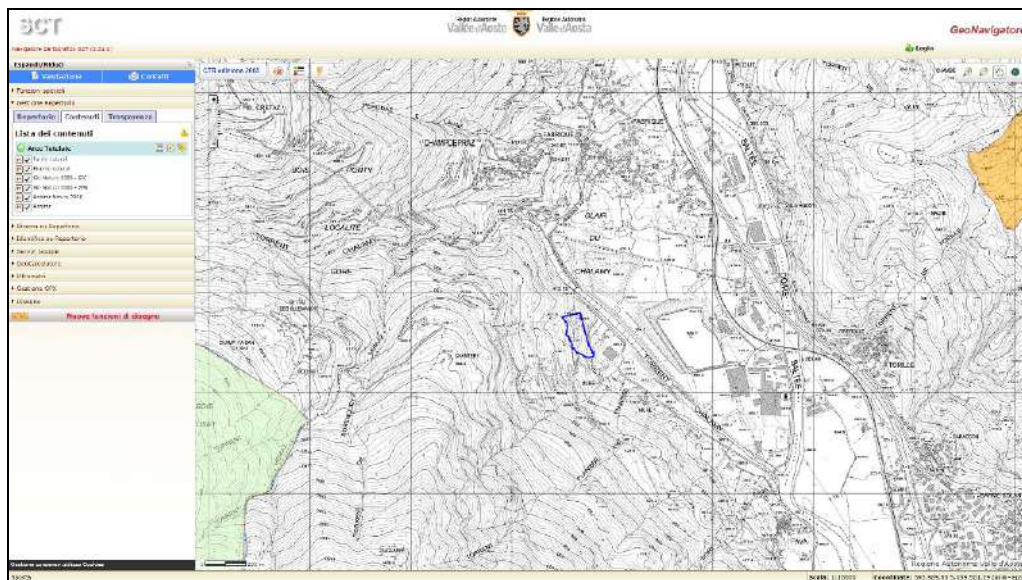
Art. 36 – GeoNavigator – sito web RAVA



Vincolo idrogeologico – GeoNavigator – sito web RAVA



Vincoli paesaggistici – GeoNavigator – sito web RAVA



Aree tutelate – GeoNavigator – sito web RAVA

7. MODELLAZIONE SISMICA

7.1 PREMESSE

La normativa attuale relativa alla classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica è rappresentata dal OPCM 3274 del 20 marzo 2003, dal OPCM 3379 del 5 novembre 2004, dal D.M. 14.01.08 “Norme tecniche per le costruzioni” e dal D.M. 17.01.18 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.

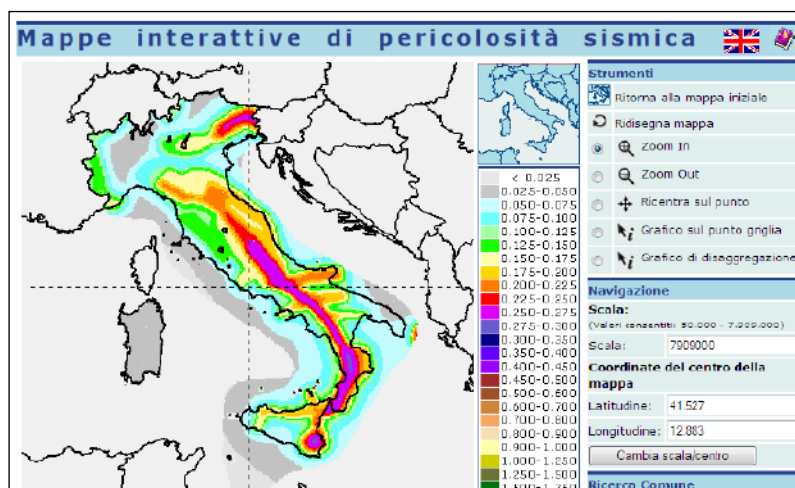
La vecchia normativa italiana (D.M. 16.1.96), come noto, classifica le aree sismiche in tre categorie (I, II e III) caratterizzate da diversi gradi di sismicità (12, 9 e 6), cui corrispondono i cosiddetti coefficienti sismici C , pari rispettivamente a 0.1, 0.07 e 0.04. Tale classificazione scaturisce essenzialmente dalle mappe di intensità macrosismica, che a loro volta si basano sulla osservazione degli effetti indotti dai terremoti in superficie, sull’ambiente fisico, sui manufatti ed anche sulle persone (vedi ad esempio le varie scale di intensità Mercalli). In pratica la classificazione sismica, e le azioni che congruentemente si determinano, derivano da una osservazione del fenomeno terremoto che potremmo definire “dall’alto” ed “a posteriori”: dall’alto nel senso fisico del termine, poiché si osservano sia l’ambiente fisico sia quello costruito, ed a posteriori, poiché si tiene conto degli effetti prodotti al termine dell’azione sismica, che sono funzione sia della “pericolosità” intrinseca del sito, sia della “vulnerabilità” dell’ambiente fisico e costruito.

Nella valutazione delle azioni sismiche è inoltre contemplato il ruolo delle condizioni “locali” dei terreni del sottosuolo, attraverso il cosiddetto coefficiente di fondazione ϵ , che incrementa le azioni sismiche del 30% per il solo caso di depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 m, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori. Tale coefficiente costituisce quindi una sorta di numero magico, che si basa esclusivamente sulla natura del deposito, e non su valutazioni quantitative delle reali caratteristiche meccaniche dei terreni. La nuova normativa italiana che recepisce parte del EC8 (EN1998 - Eurocodice 8 – Design of structures for earthquake resistance), invece, cambia completamente approccio nella valutazione della sismicità di un’area, in quanto essa scaturisce da una osservazione del fenomeno sismico che potremmo definire “dal basso” ed “a priori”: dal basso nel senso fisico del termine, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo “profondo” verso la superficie libera, ed a priori, poiché la zonazione sismica tiene conto esclusivamente del moto sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull’ambiente fisico e costruito.

In definitiva la norma mira anzitutto alla identificazione del valore di una particolare accelerazione massima, al termine del viaggio del moto sismico dalla zona d’origine

(sorgente sismica) fino in superficie, su di una formazione rigida affiorante.

Con il D.M. 14 gennaio 2008 e gli aggiornamenti successivi la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più



tramite un criterio "zona dipendente".

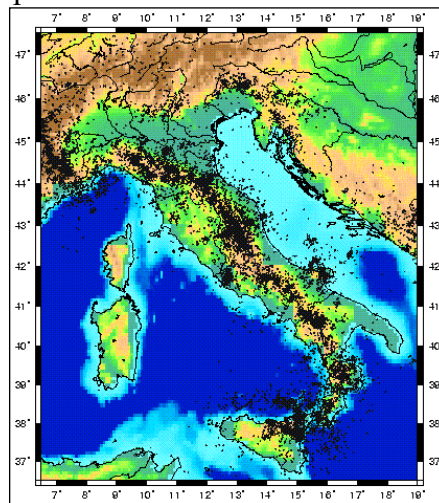
La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” V_R e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel “periodo di riferimento” P_{VR} .

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita facendo riferimento ad un sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata P_{VR} , si ritengono individuate quando se ne conosca l’accelerazione massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione (S_E).

È necessario inoltre tenere conto, certamente in maniera più razionale, della presenza dei terreni sciolti a ricoprimento della formazione rigida, e quindi del cosiddetto effetto “locale”, previa individuazione di diverse classi di sottosuolo, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. In tale caso, però, i diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico che consistono non solo nella variazione dell’accelerazione di picco, ma anche nella implicita variazione del contenuto in frequenza del segnale stesso.

La Rete Sismica Nazionale Centralizzata registra più di 2000 terremoti l'anno. La rete opera con continuità dalla metà degli anni '70 ed è stata ampliata in seguito al terremoto distruttivo dell'Irpinia del 1980 ($M_s=6.9$). Il catalogo sismico strumentale riporta circa 35.000 terremoti verificatisi in Italia a partire dal 1975. La sismicità crostale rappresenta la maggior parte dell'attività sismica registrata. Come risulta dalla mappa, la sismicità si concentra soprattutto nelle Alpi, lungo gli Appennini e riguarda la maggior parte dei vulcani attivi del Quaternario (per esempio l'Etna, il Vesuvio, i Campi Flegrei, i Colli Albani). Inoltre, si verificano sequenze anche nel promontorio del Gargano mentre la Puglia e la Sardegna sembrano essere relativamente asismiche.



La penisola italiana è interessata anche da terremoti intermedi e profondi. Sebbene il loro numero sia relativamente esiguo, sono di grande importanza per la comprensione della dinamica dei processi profondi. Terremoti fino a 500 km di profondità avvengono nella zona del Tirreno meridionale e la loro profondità aumenta andando da Sud-Est verso Nord-Ovest. Questi eventi evidenziano la subduzione attiva della litosfera Ionica al di sotto dell'Arco Calabro. La maggior parte dell'attività è concentrata soprattutto verso i 300 km di profondità, dove i terremoti possono raggiungere anche Magnitudo 7. Un esiguo numero di terremoti di Magnitudo moderata (< 4.0) e di profondità intermedia si verificano anche nell'Appennino settentrionale. La profondità massima osservata per questi terremoti è di circa 100 Km e, sebbene non siano ancora ben studiati, suggeriscono un processo di subduzione attiva anche per questo settore della penisola italiana.

Nel D.M. 14 Gennaio 2008 e nel suo successivo aggiornamento del Gennaio 2018 viene evidenziato che, “*Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o*

delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche”.

7.2 DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO

L'area di Issogne è attualmente classificata in **zona sismica 3** ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 con recepimento della Delibera di Giunta regionale n. 1603 del 4 ottobre 2013 – Approvazione delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 “Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche” – Revoca della DGR 1271 del 2 agosto 2013 – per le quali **“tutti i comuni della Regione autonoma della Valle d'Aosta sono classificati in zona sismica 3 ai fini e per gli effetti di quanto stabilito dalla legge regionale 23/2012”**.

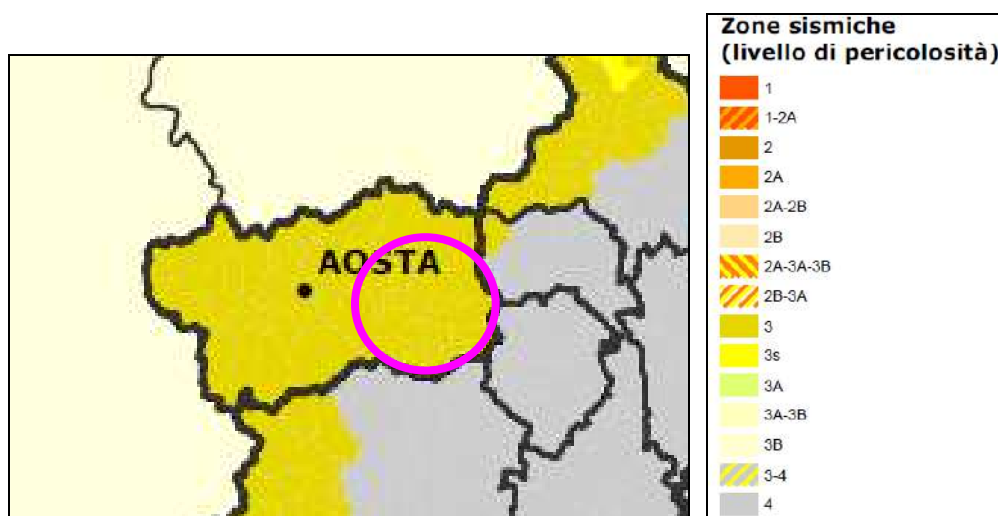


Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della protezione civile
Ufficio rischio sismico e vulcanico

Classificazione sismica al 2015

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

Atti di recepimento al 1° giugno 2014. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 19/11/10, n. 1362. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 2/8/06, n. 1171. Piemonte: DGR 12/12/11, n. 4-3084. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 878. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603



Di seguito si riporta, per maggiore completezza d'indagine, i risultati del Gruppo di lavoro del GNDT (1996) sull'analisi di rischio sismico per tutta la nazione riferita al patrimonio abitativo (elaborazioni basate sui dati ISTAT 1991), le massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani e le principali osservazioni sismiche disponibili per Issogne (storia sismica):

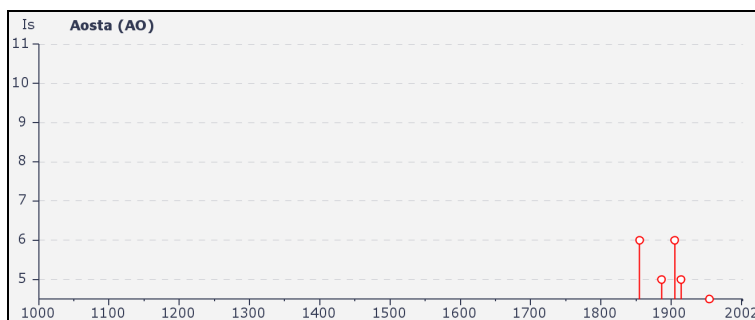
COD-ISTAT	COD-94	DENOMINAZIONE	IMAX
2007037	2007037	Issogne	7

Seismic history of Aosta
[45.737, 7.313]

Total number of earthquakes: 15

Is	Effects				Earthquake occurred:						
	Anno	Me	Gi	Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw		
3	1808	04	02	16 43	Valle del Pellice	CFTI	107	8	5.67		
6	1855	07	25	12	Vallese	CFTI	52	8-9	5.81		
2	1873	03	12	20 04	Marche meridionali	CFTI	196	8	5.88		
4	1880	07	04	19 55	Vallese	CFTI	85	7	5.38		
4	1884	11	27	22 15	Alpi Cozie	CFTI	63	6-7	5.36		
5	1886	09	05		VAL DI SUSÀ	DOM	102	6-7	5.27		
4	1887	02	23	05 21 50	Liguria occidentale	CFTI	1515	9	6.29		
3	1892	03	05		PONT S. MARTIN	DOM	86	7	5.09		
6	1905	04	29	01 46 45	Alta Savoia	CFTI	267	7-8	5.79		
5	1914	10	26	03 45	TAVERNETTE	DOM	67	7	5.36		
2	1920	09	07	05 55 40	Garfagnana	CFTI	638	9-10	6.48		
4-5	1954	05	19	09 34 55	Vallese	CFTI	40	6	5.46		
3	1960	03	23	23 08 49	Vallese	CFTI	178	6-7	5.36		
F	1968	06	18	05 27	BARD	DOM	60	6	5.18		
2	1983	11	09	16 29 52	Parmense	CFTI	835	6-7	5.10		

this file has been downloaded from INGV - DBMI04



Negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica- Gruppo di lavoro MS 2008”, è riportato un metodo semplice e in favore di sicurezza che può essere utilizzato per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare per il sito che si basa, sempre a partire sempre dalla zonazione sismogenetica (ZS 9) sulle coppie di valori Magnitudo media - distanza M-R caratteristici di ogni sito desunti dai dati di disaggregazione della pericolosità sismica (vedi dati Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia - Gruppo di lavoro, 2004 e INGV Spallarossa e Barani, 2007), i quali permettono di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito per determinati tempi di ritorno. Di seguito si riportano, per il Comune in esame, i valori medi e modali presenti nella tabella Comuni_MR (nel DVD allegato agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica):

Cod Istat	Comune	DentroVicino	Mmedia	Rmedia	Mmoda	Rmoda
2007037	Issogne	D	5,18	55	5,25	45

7.3 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La **vita nominale** di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo. Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a PN, la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a PN e comunque non inferiore a 5 anni.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in **classi d'uso** così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le **azioni sismiche** sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Relativamente alla fase di coltivazione, in base alle indicazioni fornite dal progettista, si ha come periodo di riferimento V_R :

Vita nominale	Classi d'uso	Periodo di riferimento
V_N	<i>I</i>	V_R
	Coefficiente d'uso	
	C_U	
50	0,7	35

Relativamente invece alla fase di ripristino ambientale, in base alle indicazioni fornite dal progettista, si ha come periodo di riferimento V_R :

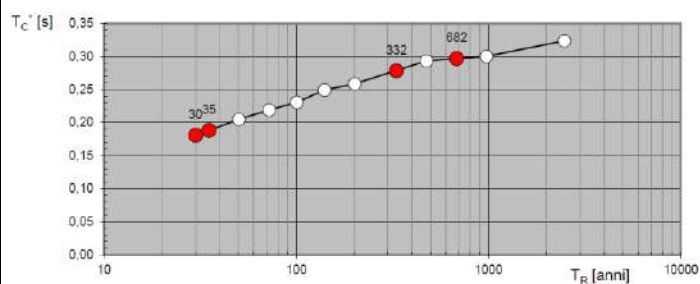
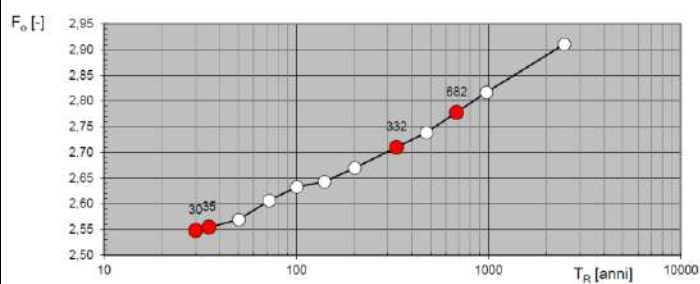
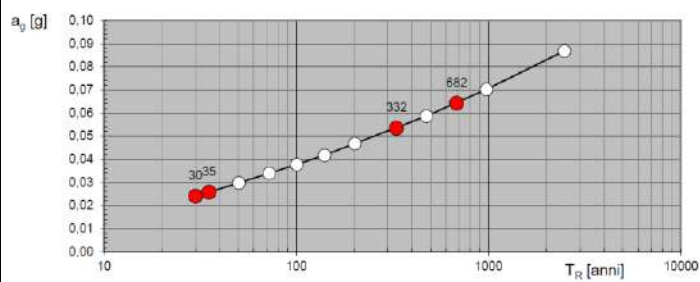
Vita nominale	Classi d'uso	Periodo di riferimento
V_N	II	V_R
	Coefficiente d'uso	
C_U	I	
50	1	50

7.4 DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

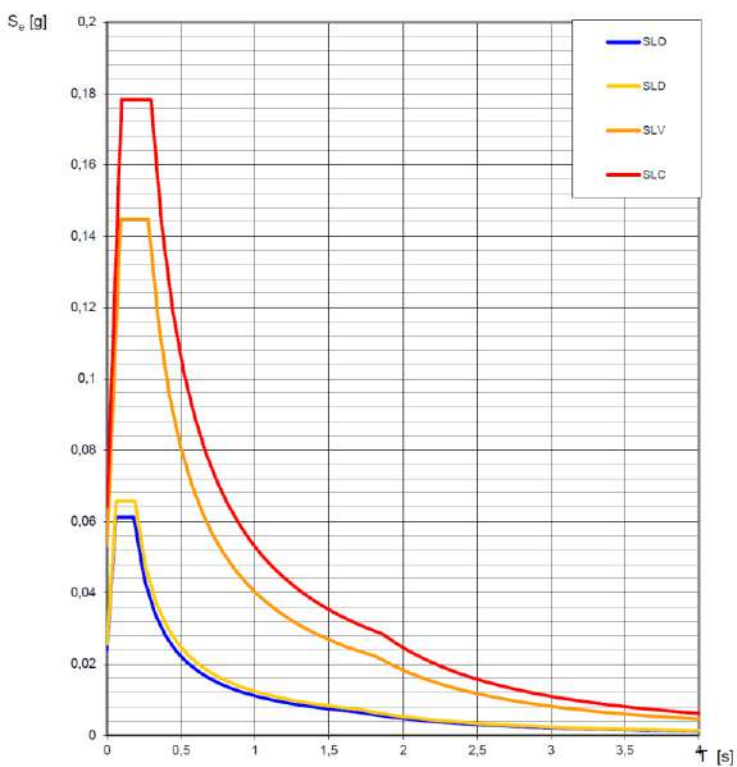
Di seguito si riportano gli spettri di risposta, la variabilità dei parametri ed i valori di a_g , F_0 e T_c riferiti al sito in oggetto calcolati con il programma SPETTRI-NTC ver. 1.0.3.

7.4.1 Fase di coltivazione

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^+ in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,024	2,548	0,181
SLD	35	0,026	2,555	0,188
SLV	332	0,053	2,710	0,278
SLC	682	0,064	2,778	0,297

7.4.2 Fase di ripristino ambientale

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (n anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (n anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabela parametri azione

Strategia di progettazione

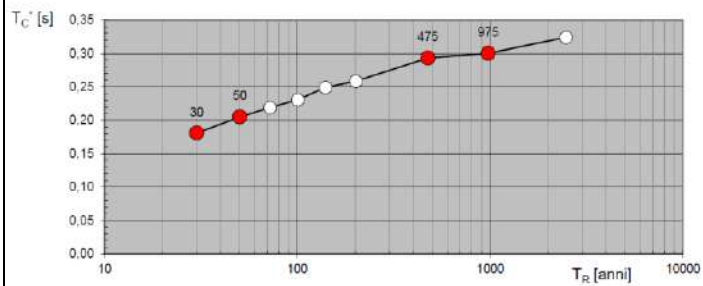
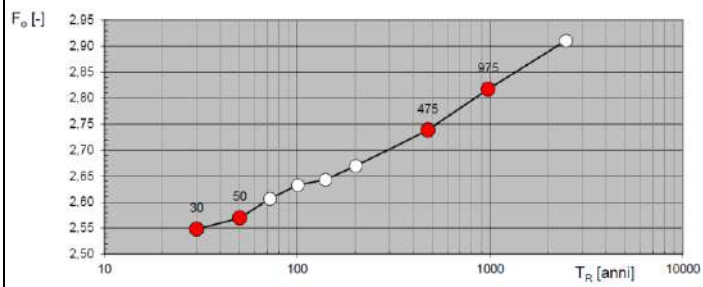
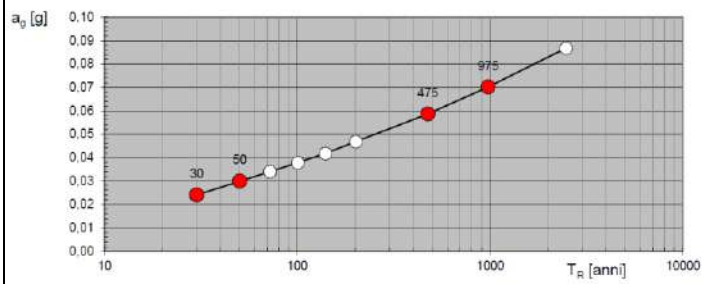
LEGENDA GRAFICO

---o--- Strategia per costruzioni ordinarie -■- Strategia scelta

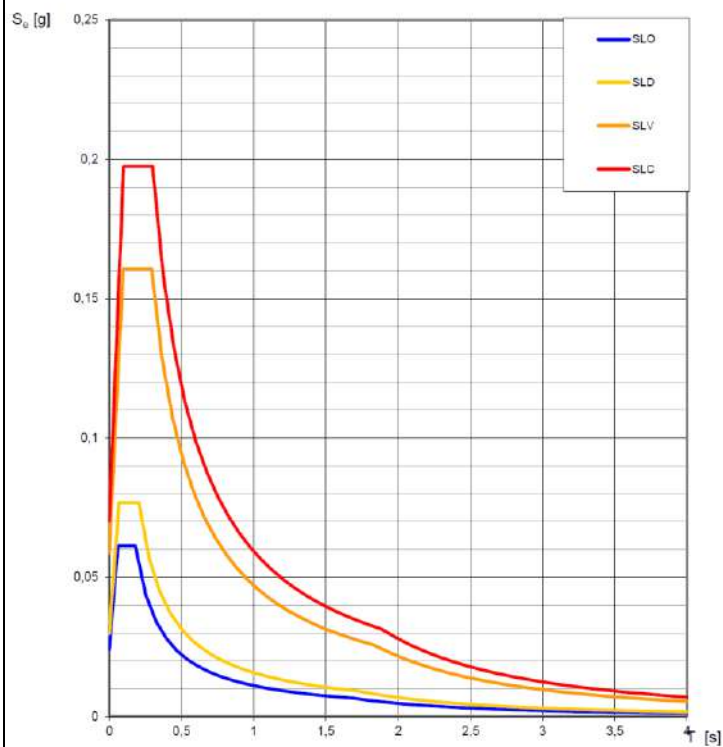
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,024	2,548	0,181
SLD	50	0,030	2,570	0,205
SLV	475	0,059	2,739	0,293
SLC	975	0,070	2,817	0,300

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



7.5 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'azione sismica individuata al capitolo precedente viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 08 e successivi aggiornamenti, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale (RSL).

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi di dettaglio. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

In considerazione delle condizioni geologico-stratigrafiche e strutturali ed alla luce dell'importanza del progetto, si è deciso di utilizzare l'approccio semplificato. Tale approccio prevede che i valori di V_S vengano ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, vengano valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

h_i	spessore dell' <i>i</i> -esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell' <i>i</i> -esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 14.01.08 e l'aggiornamento del gennaio 2018 definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Di seguito si riporta la tabella con i differenti tipi di profilo:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

In considerazione del fatto che il settore è posto direttamente su roccia, si è utilizzato un profilo stratigrafico di riferimento del tipo A, in quanto si è in *presenza di ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

7.5.1 Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui ai capitoli precedenti. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

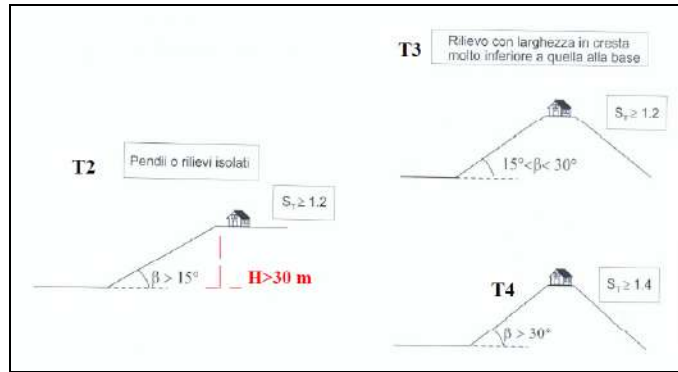
Per la valutazione delle azioni sismiche agenti nell'area in progetto si dovrà pertanto considerare il fattore S_s (fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione), ottenuto attraverso la formulazione sotto riportata, considerando la categoria di sottosuolo precedentemente individuata.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

7.5.2 Coefficiente di amplificazione topografica S_T

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T . Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° .



Per quanto riguarda le condizioni topografiche il settore di cava in oggetto è stato classificato nella categoria T2, in considerazione della morfologia del sito; il coefficiente di amplificazione topografica S_T risulta pertanto pari a 1,2.

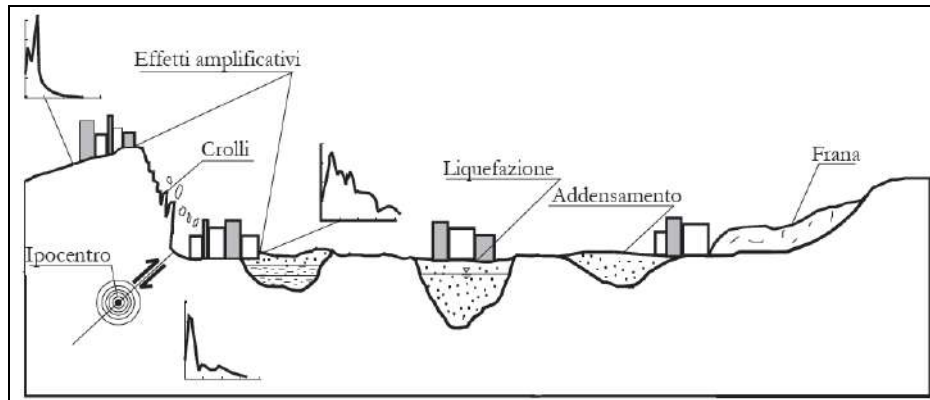
Categorie	S_T	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera
T1	1,0	Superficie pianeggiante, pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-
T2	1,2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sommità del pendio
T3	1,2	Larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Cresta del rilievo
T4	1,4	Larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $i > 30^\circ$	Cresta del rilievo

7.6 **PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO**

Il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti devono in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Le situazioni geologiche e morfologiche, in cui le condizioni locali possono portare a una modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia sono essenzialmente tre:

- i depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante (effetti stratigrafici 1D);
- i depositi di valle con bordi e morfologie del substrato irregolari dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione con generazione all'interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia (effetti di bordo 2D-3D);
- la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versanti, pendii, bordi di terrazzi (effetti topografici)



Possibili effetti locali indotti da un evento sismico (Madiati C.)

La risposta sismica locale è condizionata, oltre che da fattori morfologici, legati alla collocazione del sito (valle stretta, cresta, pendio etc.), soprattutto dalla natura dei depositi sollecitati dalla vibrazione sismica: questi infatti amplificano l'accelerazione massima in superficie rispetto a quella che ricevono alla loro base, agendo al contempo da filtro del moto sismico, diminuendone l'energia complessiva ma modificandone la composizione con accentuazione di alcune frequenze e smorzamento di altre. A parità di impedenza sismica (prodotto della velocità delle onde di taglio V_s per la densità ρ) del bedrock, l'amplificazione inoltre è tanto più elevata quanto minore è l'impedenza sismica dei terreni di copertura. Si ha, quindi, che a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta (S_e/T) che mostra la variazione in ampiezza dell'accelerazione al suolo in funzione del periodo delle vibrazioni del terreno: si ha "risonanza" e, quindi, particolare accentuazione dell'amplificazione, per periodo $T = 4h/V_s$, con h spessore della copertura e V_s velocità delle onde di taglio nella copertura; è noto che l'amplificazione massima del moto del suolo di un terreno si ha alla sua frequenza di risonanza.

Frequenza e periodo fondamentale dello strato (F, T) $F=V_s/4H$ $T=4H/V_s$

Risentimenti particolari si avranno qualora il periodo del terreno (frequenza), o comunque il periodo fondamentale (frequenza fondamentale), coincida con il periodo proprio del fabbricato (frequenza struttura), determinando, in questi casi, dannosi effetti di risonanza. In base a quanto descritto nei capitoli precedenti, il sito non presenta particolari rischi di instabilità.

In fase esecutiva lo strutturista dovrà valutare quindi gli effetti sopra descritti.

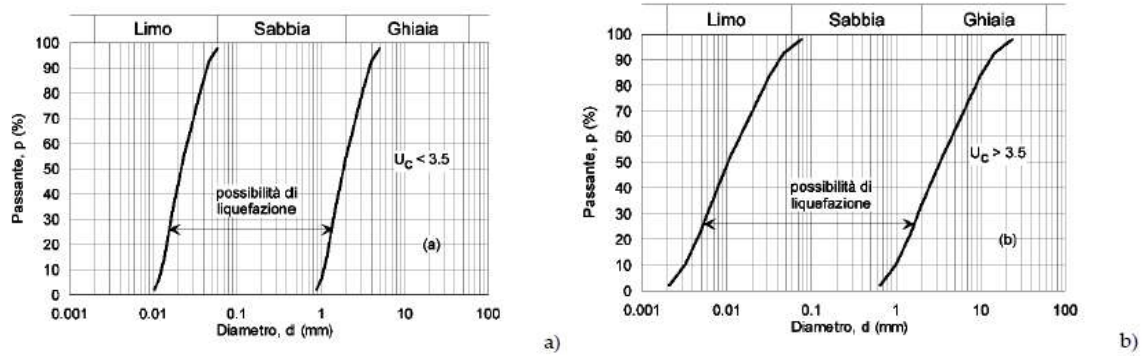
7.6.1 *Stabilità alla liquefazione*

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Nel caso in esame si può quindi escludere il rischio di liquefazione in quanto la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 metri ed il substrato risulta essere affiorante o subaffiorante.

8. ASSETTO GEOSTRUTTURALE

8.1 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

L'analisi strutturale globale (rilievo in sito) ha permesso di individuare le caratteristiche geometriche delle deformazioni duttili (pieghe) e fragili (faglie, fratture, giunti) presenti all'interno della parete oggetto di studio.

Dal momento che l'ammasso roccioso risulta fratturato per la presenza di più sistemi di discontinuità che lo scompongono in blocchi, è necessario valutare un comportamento globale dell'ammasso in termini di resistenza.

Per l'analisi della falesia in questione si è fatto riferimento a criteri di rottura empirici o semi-empirici, spesso fondati su ipotesi circa il ruolo delle discontinuità. Questi criteri permettono di attribuire un dominio di resistenza ad un ammasso roccioso, a partire dalle proprietà del materiale roccia che costituisce i singoli blocchi dell'ammasso e dall'influenza delle discontinuità sul comportamento dell'ammasso stesso.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico la roccia si è fatto riferimento al criterio di rottura di Hoek & Brown (2002).

8.2 IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK & BROWN (2002)

Il criterio di rottura generalizzato Hoek & Brown assume che ammassi rocciosi fratturati giungano in condizioni di rottura per

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} [m_b (\sigma_3'/\sigma_{ci}) + s]^a$$

dove:

- σ_1' e σ_3' = sforzi efficaci, rispettivamente maggiore e minore, nel materiale alla rottura;
- m_b = costante caratteristica dell'ammasso roccioso;
- s e a = costanti che dipendono dalle caratteristiche di fratturazione e dalle condizioni di discontinuità dell'ammasso roccioso;
- σ_{ci} = resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta.

Nel caso di $\sigma_3'=0$, equivalente a uno stato di compressione in condizioni non confinate, si ottiene:

- resistenza a compressione monoassiale $\sigma_c = \sigma_{ci} s^a$
- resistenza a trazione $\sigma_t = -(s \sigma_{ci})/m_b$

Gli sforzi normali e di taglio sono definiti dalle equazioni:

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \frac{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} - 1}{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} + 1} \quad \tau = (\sigma_1' - \sigma_3') \frac{\sqrt{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'}}}{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} + 1}$$

dove:

$$\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} = 1 + am_b \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^{a-1}$$

Per stimare i parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi fratturati mediante il criterio di Hoek & Brown occorre conoscere:

- σ_{ci} = resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- m_i = costante che dipende dai caratteri petrografici e tessiturali della roccia intatta secondo la Tabella sotto riportata;

- GSI = Geological Strength Index, funzione dalle caratteristiche strutturali dell'ammasso e dalle condizioni delle discontinuità (vedi paragrafo successivo per il relativo calcolo)

I parametri m_b , s , a sono calcolati mediante le relazioni

- $m_b = m_i \exp[(GSI-100)/(28-14D)]$
- $s = \exp[(GSI-100)/(9-3D)]$
- $a = 1/2 + 1/6(e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$

dove D , "fattore di disturbo" dell'ammasso roccioso, rappresenta il degrado o detensionamento a seguito di scavi meccanici o del rilascio di stress tensionali (Hoek, 2002), variabile da $D = 0$ per pendii non disturbati a $D = 1$ nel caso peggiore.

Hoek propone inoltre il concetto di *resistenza globale dell'ammasso roccioso*, cioè un parametro che non individui solo il limite di rottura del materiale, ma che dia una resistenza globale dello stesso.

La "resistenza globale dell'ammasso roccioso" σ'_{cm} è calcolata con l'espressione:

$$\sigma'_{cm} = \frac{2c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi'}$$

Dalla relazione non-lineare di Hoek e Brown si ottengono coppie di valori σ'_3 , σ'_1 che definiscono lo stato tensionale a rottura. Questi possono essere rappresentati su diagramma $\sigma'_1 - \sigma'_3$ ed approssimati a relazioni lineari in uno specifico campo di pressione di confinamento $\sigma'_t < \sigma'_3 < \sigma'_{3max}$.

Dal diagramma $\tau' - \sigma'_n$, secondo il criterio lineare Mohr-Coulomb,

$$\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$$

si ottengono i parametri equivalenti di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso:

- c' = coesione apparente;
- ϕ' = angolo di resistenza al taglio.

Il valore massimo di sforzo principale minore (σ'_{3max}) delimita il campo di validità della relazione tra criterio Hoek-Brown e criterio lineare Mohr-Coulomb e dei parametri di resistenza equivalenti c' e ϕ' che da questa si ricavano σ'_{3max} è funzione del problema specifico.

Nell'applicare il metodo a pendii di altezza H gli autori suggeriscono la relazione:

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0.72 \cdot \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma \cdot H} \right)^{-0.91}$$

Il modulo di elasticità dell'ammasso roccioso E_m è calcolato dall'espressione

$$Em (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma'_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad \text{se } \sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa}$$

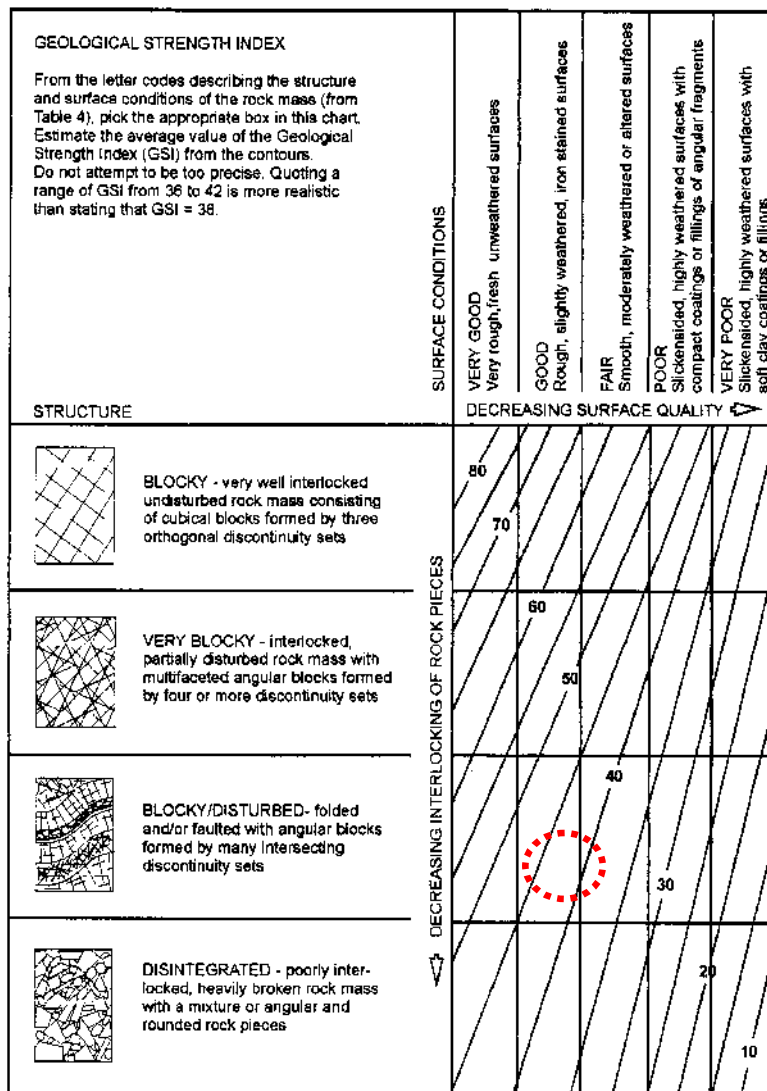
$$Em (GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad \text{se } \sigma_{ci} > 100 \text{ MPa}$$

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
SEDIMENTARY	Clastic		Conglomerate (22)	Sandstone 19 — Greywacke — (18)	Siltstone 9	Claystone 4
		Organic		— Chalk — 7 — Coal — (8-21)		
	Non-Clastic	Carbonate	Breccia (20)	Sparitic Limestone (10)	Micritic Limestone 8	
		Chemical		Gypstone 16	Anhydrite 13	
METAMORPHIC	Non Foliated		Marble 9	Hornfels (19)	Quartzite 24	
	Slightly foliated		Migmatite (30)	Amphibolite 25 - 31	Mylonites (6)	
	Foliated*		Gneiss 33	Schists 4 - 8	Phyllites (10)	Slate 9
IGNEOUS	Light		Granite 33		Rhyolite (16)	Obsidian (19)
			Granodiorite (30)		Dacite (17)	
			Diorite (28)		Andesite 19	
	Dark		Gabbro 27	Dolerite (19)	Basalt (17)	
		Norite 22				
	Extrusive pyroclastic type		Agglomerate (20)	Breccia (18)	Tuff (15)	

Tabella - Valori della costante m; proposti da Hoek & Brown (2002)

8.3 GEOLOGICAL STRENGTH INDEX

Dalla campagna di rilievi effettuata si sono raccolte informazioni sufficienti a definire l'“indice di resistenza dell'ammasso roccioso” GSI, secondo quanto proposto da Hoek (1997).



Valutazione del GSI ("Geological Strength Index"), secondo Hoek (1997)

L'ammasso roccioso in oggetto, costituito da oficarbonatiti, presenta una struttura compresa nella classe "BLOCKY/DISTURBED": "ammassi rocciosi piegati e fagliati con blocchi angolari formati da diverse famiglie di discontinuità".

Le discontinuità sono piuttosto rugose, poco alterate. Alcune mostrano evidenze di scorrimento, mentre le discontinuità maggiori sono spesso interessate da riempimenti granulari o breccie di faglia. Sono state quindi riferite a cavallo delle classi che attribuiscono alle superfici mediocri caratteristiche di qualità geomeccaniche (FAIR).

Di conseguenza il valore di GSI è stato stimato compreso tra 30 e 40 (come evidenziato da un cerchio rosso in figura). L'utilizzo dei dati ricavati ha permesso di definire il valore del parametro in 35.

8.4 PARAMETRI GEOMECCANICI UTILIZZATI PER LE ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI

Quest'analisi è stata condotta al fine di definire i parametri che governano il comportamento dell'ammasso roccioso ai fini della valutazione della stabilità dei fronti. Nell'applicazione del metodo sopra descritto, ci si è avvalsi del software di analisi "RocLab" (Roscience, 2002).

Di seguito si riportano i dati utilizzati per il calcolo secondo il criterio di Hoek & Brown, nonché i dati di input forniti al software.

Material: oficalciti

Hoek Brown Classification

sigci 150 MPa
GSI 35
mi 20
D 0.7
Ei 67500

Hoek Brown Criterion

mb 0.562313
s 8.10625e-005
a 0.51595

Failure Envelope Range

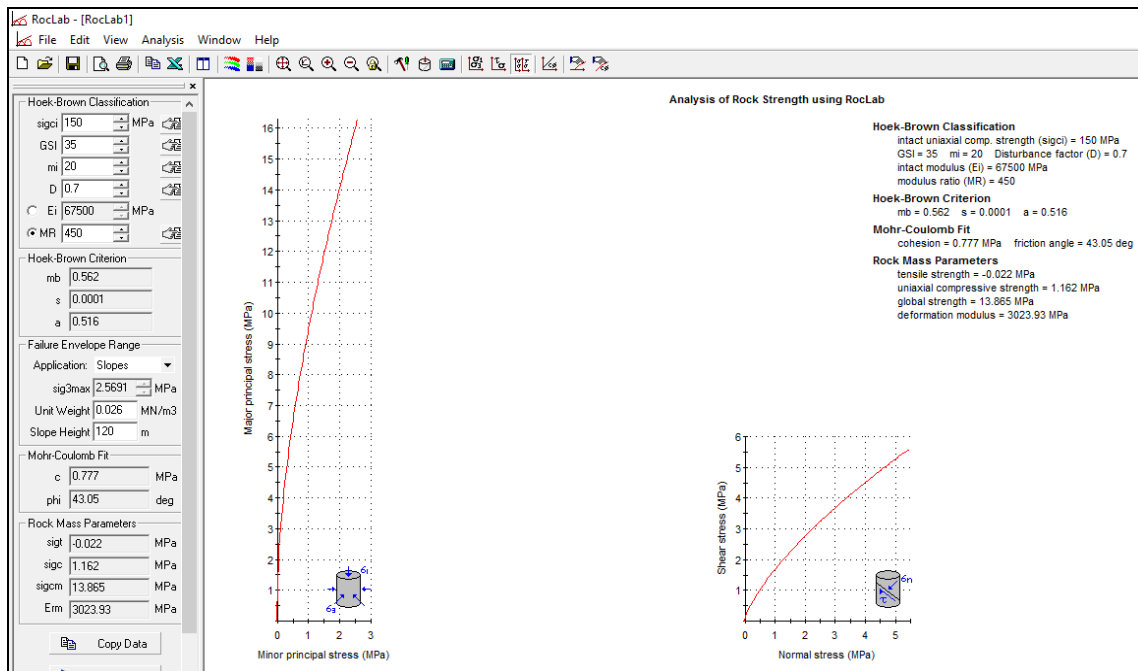
Application Slopes
sig3max 2.56913 MPa
Unit Weight 0.026 MN/m3
Slope Height 120 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.776964 MPa
phi 43.0472 degrees

Rock Mass Parameters

sigt -0.0216239 MPa
sigc 1.16211 MPa
sigcm 13.8651 MPa
Erm 3023.93 MPa



8.5 VERIFICHE CINEMATICHE

8.5.1 Pendii analizzati

Per le verifiche cinematiche è stato preso come riferimento un solo pendio “tipo”, ritenuto rappresentativo della orientazione delle principali pareti riscontrabili nel settore in oggetto e sulle quali possono avvenire i cinematismi che vengono analizzati di seguito, anche in considerazione del futuro fronte di scavo.

- Pendio: 50/80

8.5.2 Cenni teorici

Il termine ammasso roccioso si riferisce ad un insieme di roccia intatta e piani di discontinuità. Il termine piano di discontinuità ha un'accezione molto generica ed è riferibile a qualsiasi interruzione che interrompe la continuità della roccia intatta, senza quindi alcun riferimento alla natura e al meccanismo genetico della frattura. Infatti, le discontinuità possono essere di natura:

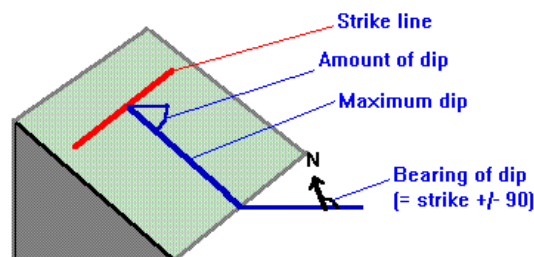
- primaria: stratificazione, piani di strutture sedimentarie, etc.;
- secondaria: discontinuità tettoniche, di alterazione, di detensionamento, di raffreddamento, etc...

Gli ammassi rocciosi possono quindi essere considerati come un più o meno complesso insieme di blocchi, la cui propensione a svincolarsi e franare (instabilità) è fortemente condizionata dai rapporti geometrici e dalla natura delle superfici di discontinuità e, naturalmente, dai litotipi interessati. Chiaramente, l'instabilità può aumentare considerevolmente nelle porzioni di ammasso delimitate da superfici libere, coincidenti con le scarpate degli affioramenti.

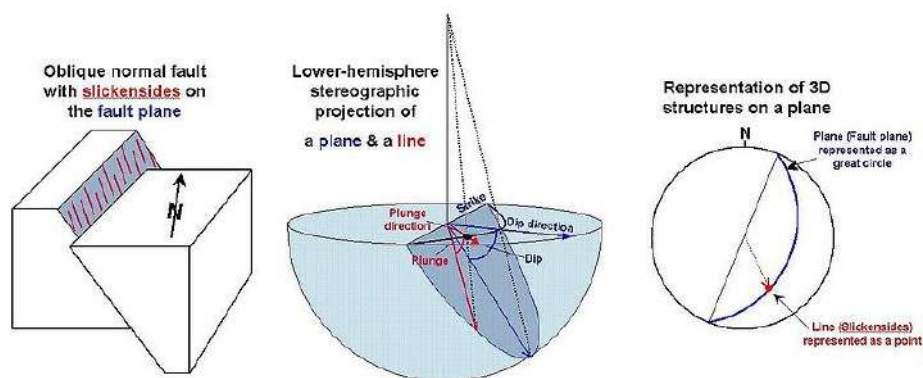
In linea generale, tutte le superfici di discontinuità hanno in comune alcune caratteristiche, quali una resistenza alla trazione trascurabile e valori di resistenza al taglio nettamente inferiori a quelli della roccia intatta. Quindi, le caratteristiche di resistenza al taglio alla scala dell'ammasso roccioso dipendono sensibilmente dalle resistenze disponibili lungo i piani di discontinuità, dalla loro orientazione nello spazio e dai rapporti geometrici che intercorrono fra essi.

I metodi operativi che sono stati utilizzati per il rilevamento delle discontinuità coincidono con quelli usualmente adottati nel campo della geologia strutturale e della geomeccanica, essenzialmente derivati dalle metodologie proposte dall'ISRM (1978) e da Priest (1993).

La posizione di un piano di discontinuità nello spazio può essere definita mediante la sua immersione (o azimuth misurato da Nord in senso orario della linea di massima pendenza) e inclinazione (angolo tra la linea di massima pendenza e l'orizzontale).



Per rappresentare graficamente le giaciture si ricorre alle proiezioni stereografiche su un piano orizzontale delle superfici di discontinuità. In questo lavoro è stata utilizzata la proiezione equivalente, sull'emisfero inferiore del reticolo di Wulff (equiangolare).



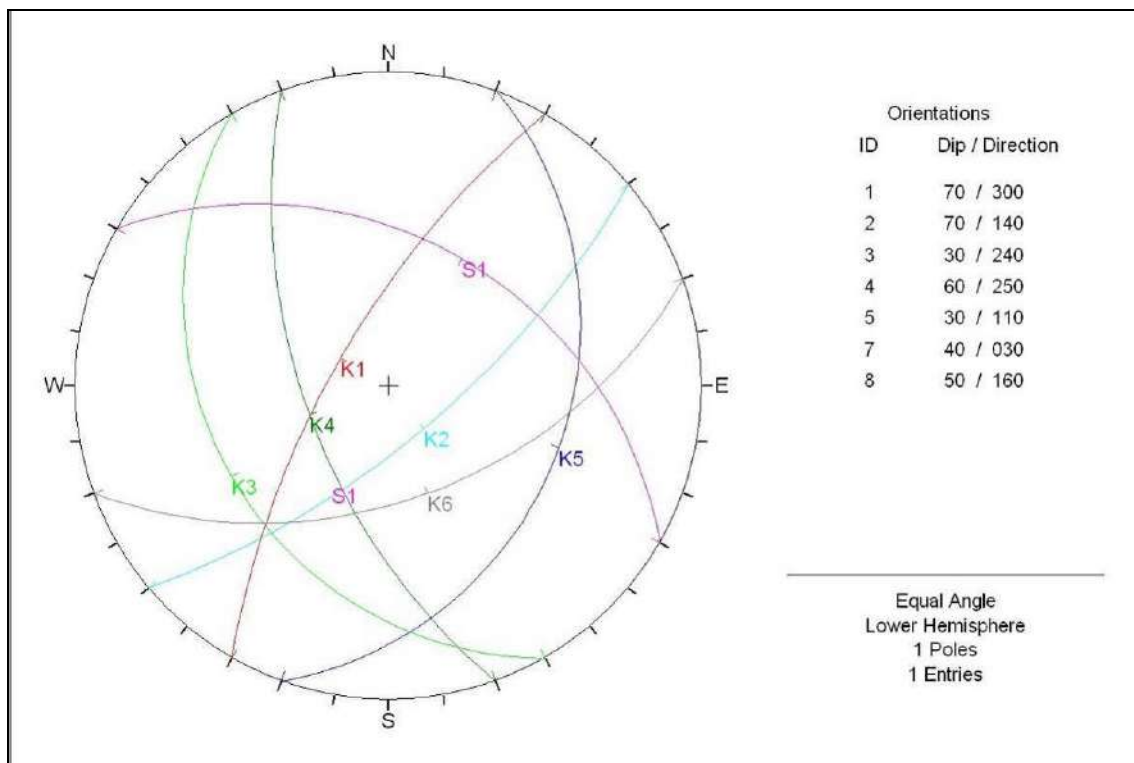
L'assetto strutturale dell'area è alquanto complesso a causa della evidente fase deformativa che subisce l'ammasso roccioso e che provoca una riorientazione ed una dispersione dei valori di giacitura della scistosità e delle altre famiglie di discontinuità.

Dal punto di vista strutturale sono state identificate 6 famiglie di discontinuità principali.

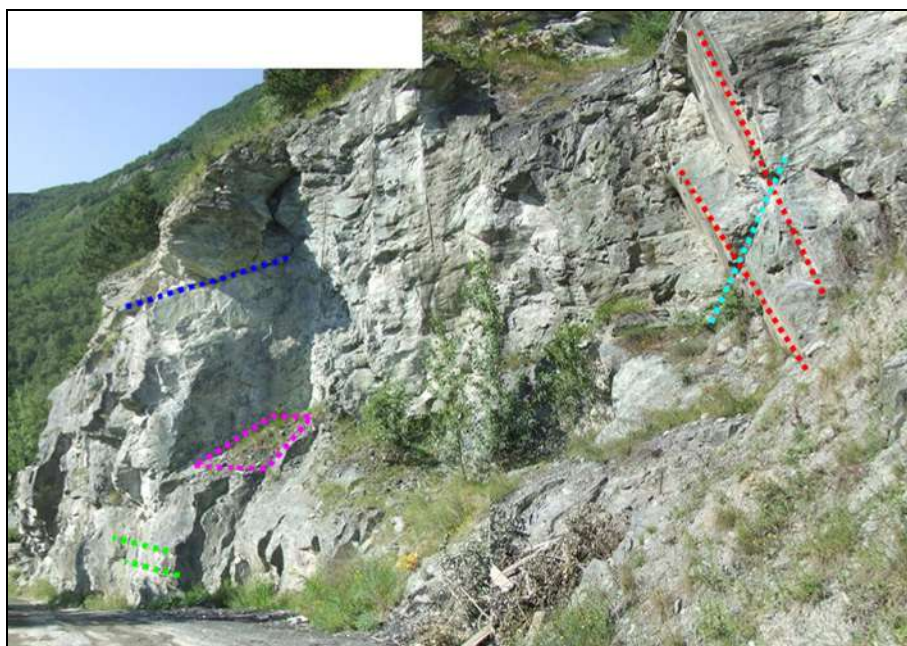
<i>Sistema</i>	<i>Giacitura</i>
S1	30/40
K1	300/70
K2	140/70
K3	240/30
K4	250/60
K5	110/30
K6	160/50

La scistosità principale immerge prevalentemente verso N – N-E (azimut/dip medio = 30/40).

Di seguito si riportano gli stereogrammi di Wulff ove sono rappresentati i poli relativi alle famiglie di discontinuità rilevate sul terreno e considerate nelle relative verifiche cinematiche. Per facilitare la lettura dello stereogramma le discontinuità secondarie non sono state rappresentate.



Stereogramma con l'indicazione dei poli e piani delle discontinuità rilevate



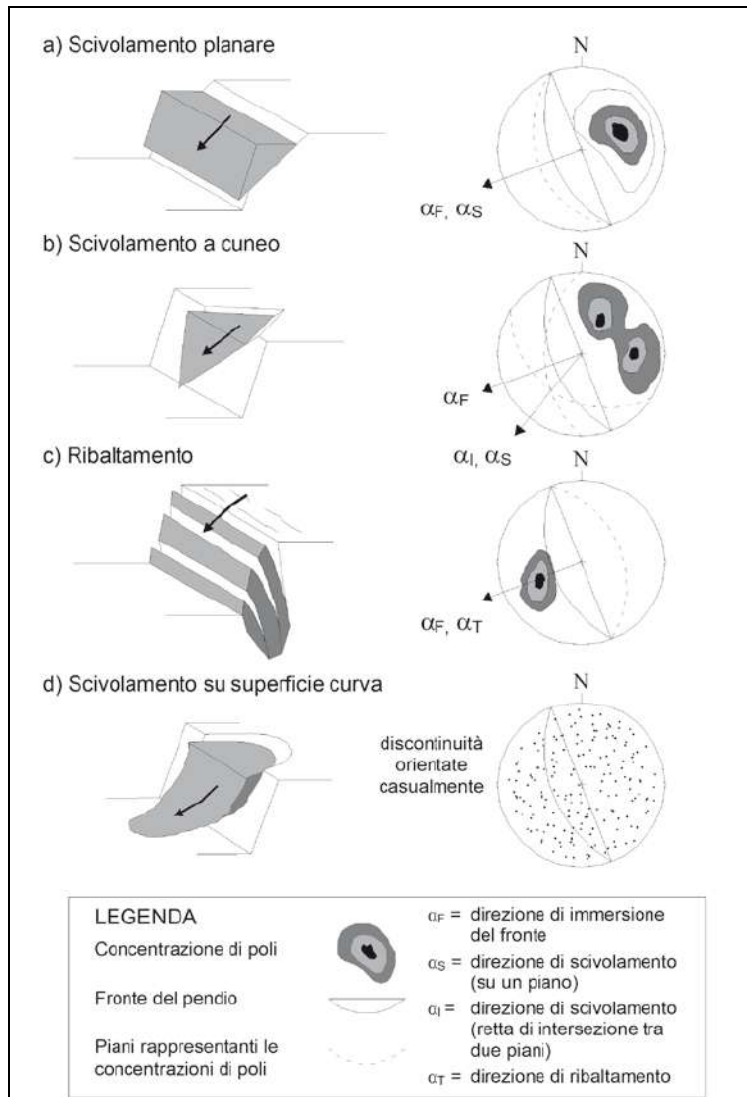
Assetto strutturale: S1 in magenta, K1 in rosso, K2 in azzurro, K3 in verde e K5 in blu

L'analisi dei potenziali cinematismi di movimento dei blocchi delimitati dai piani principali individuati, può essere effettuata attraverso l'esame delle rappresentazioni stereografiche: vengono studiati l'assetto delle singole famiglie di discontinuità e i rapporti geometrici che intercorrono fra esse e rispetto alla giacitura media del pendio.

Per questo tipo di studio si utilizza la proiezione dell'emisfero inferiore, di tipo equiangolare (reticolo di Wulff), poiché mantiene inalterate le relazioni fra gli angoli.

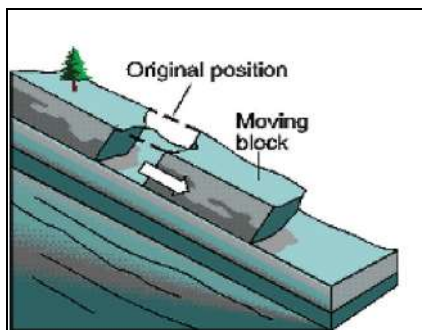
I cinematismi analizzati in seguito sono:

- scivolamento/scorrimento planare;
- scivolamento/scorrimento di cunei;
- ribaltamento.



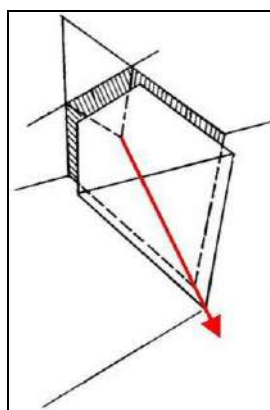
8.5.3 Scivolamento/scorrimento planare

La superficie di rottura può essere costituita da una vera e propria superficie piana o da una fascia relativamente sottile di intensa deformazione a taglio. Dal punto di vista cinematico, il fenomeno si manifesta in ammassi interessati da discontinuità aventi una direzione di immersione prossima a quella del fronte con un'approssimazione di 20° . La seconda condizione fondamentale affinché si manifesti la possibilità cinematica di scivolamento planare è che l'angolo di inclinazione del piano della discontinuità sia inferiore all'angolo di inclinazione del fronte del pendio in roccia. Discontinuità addizionali sub-verticali possono definire l'estensione laterale del volume potenzialmente instabile, ma essendo considerate semplicemente come superfici di rilascio, il loro contributo ai fini della stabilità del pendio è nullo; nel caso non siano presenti superfici laterali, l'estensione laterale della massa potenzialmente scivolante può essere definita solamente quando la superficie planare sia localizzata su uno sperone di roccia. Il volume instabile può essere ulteriormente delimitato da una superficie sub-verticale posta a monte con il ruolo di giunto di trazione.



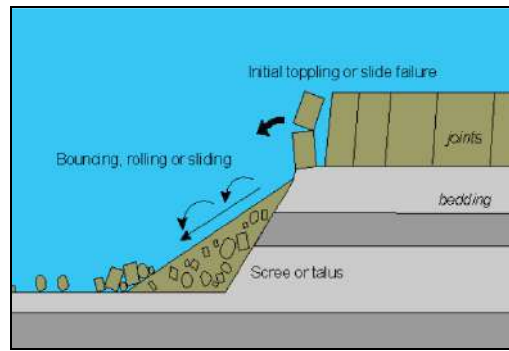
8.5.4 Scivolamento/scorrimento di cunei

Avviene su due piani di discontinuità che si intersecano in una linea con angoli di immersione e di inclinazione compatibili con il fronte del pendio. Affinché sia verificata la possibilità cinematica di scivolamento a cuneo occorre infatti che la linea di intersezione rispetti due condizioni fondamentali: il suo angolo di inclinazione deve essere inferiore all'angolo di inclinazione del fronte del pendio ed il suo angolo di immersione deve essere compreso in un campo di variabilità di $\pm 90^\circ$ intorno al valore dell'angolo di immersione del fronte del pendio (la retta di intersezione deve cioè intersecare il fronte). Anche in questo caso il volume potenzialmente instabile può essere delimitato da superfici sub-verticali laterali o poste a monte (giunti di trazione), con il ruolo di superfici di rilascio.



8.5.5 Ribaltamento

Comporta la formazione di colonne alte e sottili che, per particolari condizioni geometriche, si distaccano dall'ammasso roccioso secondo un movimento rotatorio che ha il fulcro alla base della colonna. Goodman e Bray (1976) hanno individuato una serie di differenti tipi di crolli per ribaltamento, i quali possono essere classificati in due grandi categorie: il ribaltamento a blocchi ed il ribaltamento flessionale. In particolare, il ribaltamento a blocchi avviene in seguito alla formazione di blocchi prismatici generati dall'intersezione di due sistemi di discontinuità sub-ortogonali; il primo presenta una forte inclinazione, una ridotta spaziatura ed un'elevata persistenza, mentre il secondo è caratterizzato essenzialmente da una debole inclinazione e costituisce la base del blocco. Essendo il meccanismo di instabilità strettamente legato alla forma dei blocchi, le condizioni cinematiche sono in questo caso più incerte rispetto alle instabilità per scivolamento. Generalmente si considera unicamente la condizione che l'immersione dei piani che compongono il blocco sia simile (con un'orientazione di $\pm 180^\circ$ nel caso di piano sub-verticale a reggipoggio). Nel caso invece del ribaltamento flessionale, solo la famiglia di discontinuità a forte inclinazione è preesistente mentre la base del blocco è costituita da una superficie di rottura dovuta agli sforzi di trazione indotti nelle colonne inflesse.

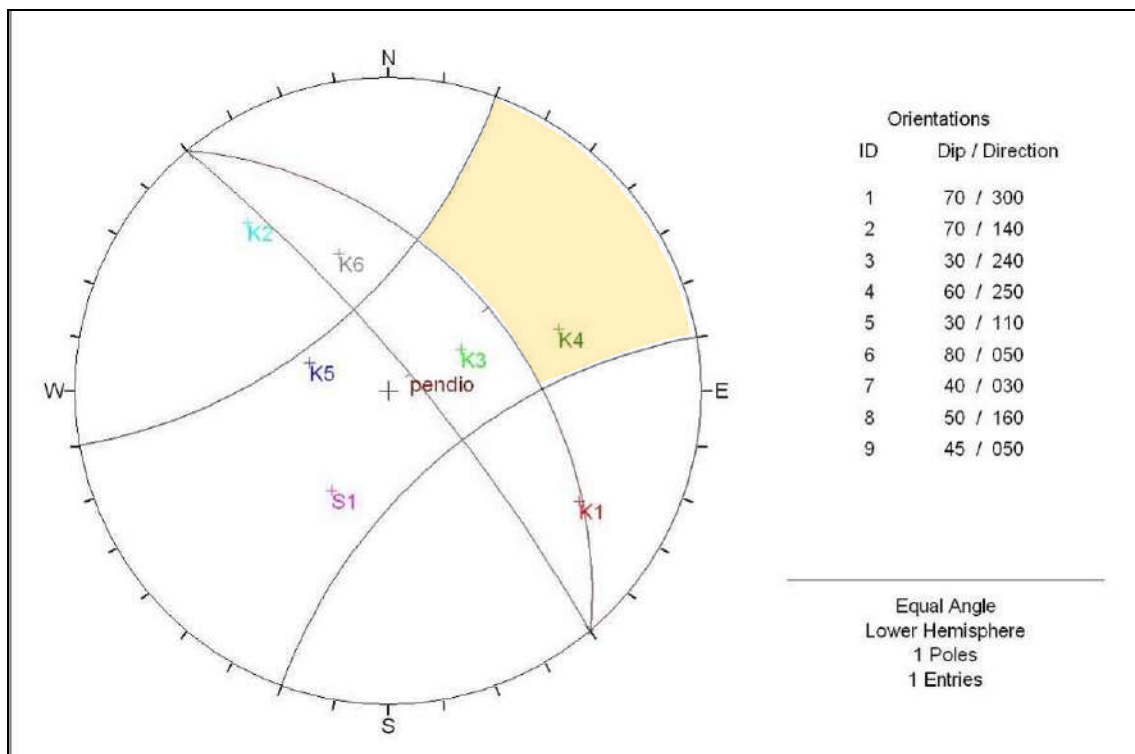


Per impostare ed effettuare le analisi cinematiche, è necessario disporre di una serie di dati relativi al contesto geomeccanico (angolo di attrito), strutturale (giacitura delle famiglie di discontinuità) e morfometrico (giacitura dei pendii) dell'ammasso roccioso in esame. E' anche necessario ricordare che l'analisi cinematica fornisce indicazioni solo sui possibili meccanismi, non sul grado di stabilità dei casi esaminati.

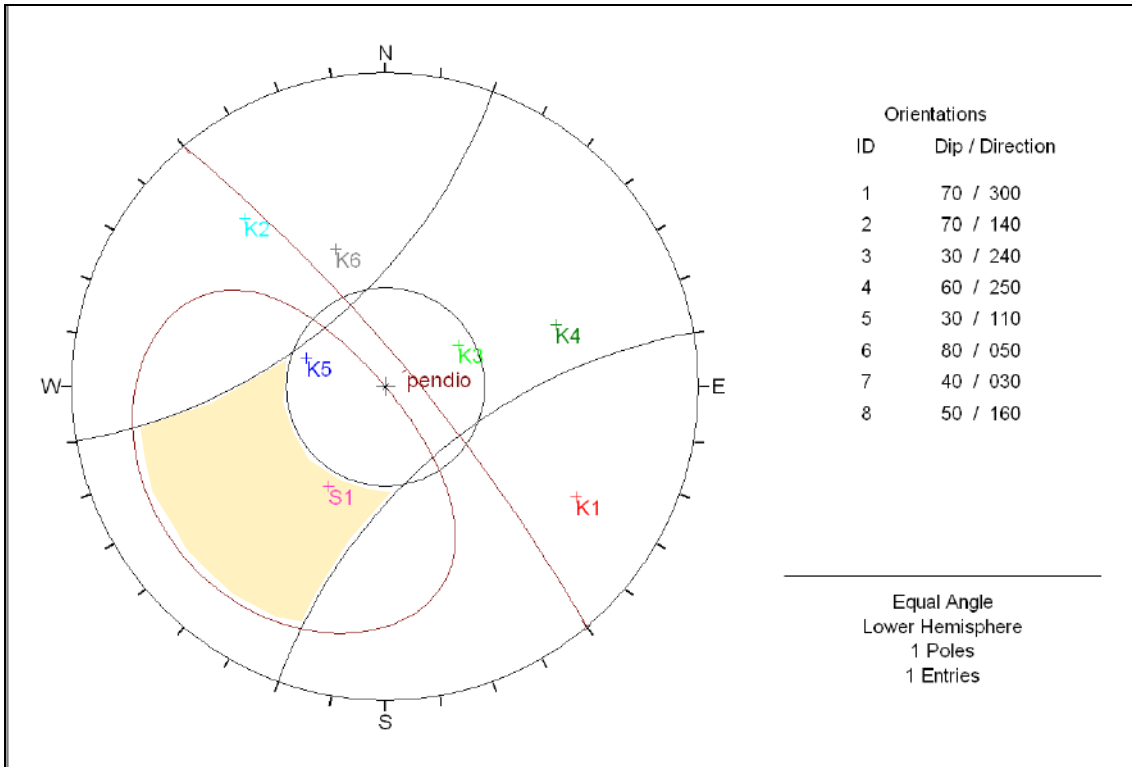
Il valore dell'angolo di attrito da utilizzare in questo tipo di analisi deve rappresentare l'ammasso roccioso nel suo complesso, in questo caso costituito prevalentemente da oficalciti è stato desunto dalla letteratura ed adottato per le verifiche un angolo di attrito pari a 35° .

8.6 RISULTATI DEL TEST

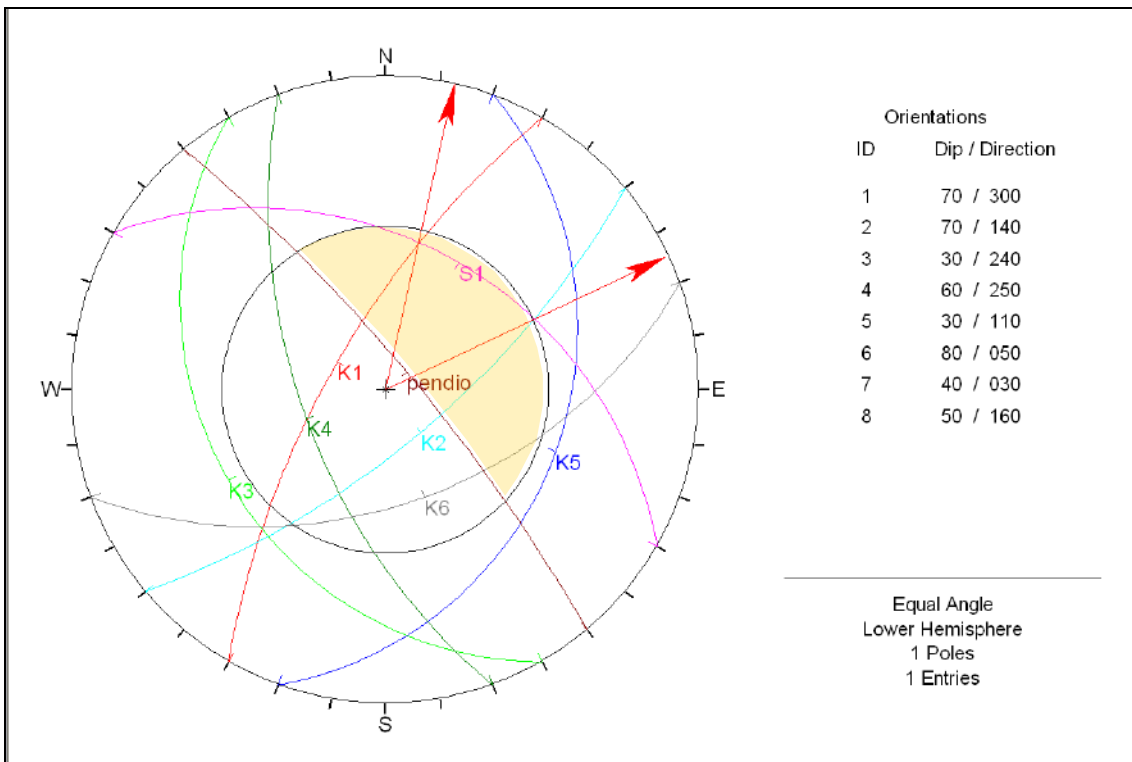
Di seguito si riportano i risultati relativi ai tre cinematismi analizzati (ribaltamento, scorrimento planare e di cunei) per il pendio considerato (50/80).



Verifica cinematica relativa a possibili fenomeni di ribaltamento: possibili ribaltamenti secondo K4.



Verifica cinematica relativa a possibili fenomeni di scorrimento planare: possibili scorrimenti su S1.



Verifica cinematica relativa a possibili fenomeni di scorrimento di cunei: angolo di resistenza al taglio pari a 35°. Possibili scorrimenti di cunei secondo le intersezioni K1-S1 e K2-S1.

8.7 SINTESI DEI RISULTATI

I meccanismi di mobilitazione principali sulle pareti oggetto di rilievo sono quindi:

Pendio	Ribaltamento	Scorrimento planare	Scorrimento su diedro
50/80	K4	S1	K1-S1 e K2-S1

8.8 VALUTAZIONE VOLUMI INSTABILI

In considerazione dell'assetto strutturale dell'area e dell'intensa fratturazione della roccia, si è ritenuto che i volumi massimi che si possono distaccare dopo il disgaggio propedeutico eseguito prima dell'apertura della cava sono pari a 0,5 mc. Tale volumetria trova riscontro nei blocchi detritici presenti lungo la strada posta alla base delle falesie e da quanto riportato dalle maestranze che lavorano nello stabilimento posto immediatamente a valle. Tale valutazione non tiene quindi conto dei blocchi di maggiori dimensioni che verranno disgiunti preliminarmente all'apertura della coltivazione in una assoluta ottica di messa in sicurezza della cava.



Falesia presente nella parte bassa del settore oggetto di coltivazione



Falesia presente nella parte bassa del settore oggetto di coltivazione



Volumi in parete e blocchi disgiunti presenti alla base: le volumetrie massime risultano pari a circa 0.5 mc

8.9 DEFINIZIONE DEI VOLUMI UNITARI (VRU)

La definizione del volume e della forma dei blocchi sulla base dei quali impostare la progettazione delle opere di difesa deve essere effettuata anche sulla base dell'analisi e del confronto tra le porzioni rocciose instabili rilevate sulle pareti (o, comunque, le porzioni rocciose individuate dalle discontinuità presenti sulla parete) ed i blocchi eventualmente presenti lungo il pendio di caduta. I criteri di scelta dei volumi di progetto devono essere chiaramente esposti e commentati.

8.9.1 Evento medio atteso

In considerazione dell'assetto strutturale dell'area e dell'intensa fratturazione della roccia, si è ritenuto che i volumi massimi che si possono distaccare dopo il disgiungimento propedeutico eseguito sui fronti di cava prima dell'apertura della cava stessa sono pari a 0,5 mc.

In un'ottica cautelativa, ed avendo esteso le valutazioni connesse a dinamiche gravitative provenienti dal versante retrostante, si è condotta l'analisi cautelativamente con volumi di 1 mc, così come già fatto per il centro di recupero posto a valle dell'area di coltivazione.

9. ANALISI TRAIETTOGRAFICHE CON IL SOFTWARE ROCKYFOR3D

9.1 GENERALITÀ

L'analisi traiettografica con il software Rockyfor3D è stata eseguita per valutare la problematica di caduta massi relativa al settore di cava. Per la valutazione della pericolosità insistente sull'area è stata utilizzata la simulazione effettuata dallo scrivente per il centro di recupero presente a valle del settore, di proprietà dello stesso committente.

In un'ottica cautelativa, è stata eseguita una seconda simulazione per tenere conto della pericolosità derivata da eventi che si possono generare da un'area più ampia, comprendente anche le falesie rocciose presenti a Sud-Ovest, a monte dell'area estrattiva denominata "Mecca". Tale simulazione ha confermato che i crolli provenienti da questo settore presentano solamente poche traiettorie che raggiungono l'area di cava ed il centro di recupero (Reach probability <0,1 %). Tale simulazione non aggrava la Reach probability ottenuta dalla simulazione effettuata dallo scrivente per il centro di recupero: quest'ultima risulta essere, per l'area estrattiva in oggetto, la più cautelativa in assoluto.

Attraverso tale analisi sono poi state eseguite le analisi di rischio previste dalla normativa che, comprendendo aree meno estese, risultano più precise.

Come prevedono le norme UNI 11211-X, la norma si applica a fenomeni di caduta massi che coinvolgono blocchi isolati oppure crolli di piccole dimensioni. Le azioni sulle opere di difesa passiva devono essere determinate ricorrendo ad analisi approfondite sulla dinamica dello scoscendimento del masso di progetto al fine di determinare la traiettoria sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, la velocità e l'energia cinetica.

Per una esauriente analisi del versante, è stato eseguito un preventivo approccio mediante modellistica 3D con il software Rockyfor3D in modo tale da valutare le principali direzioni di caduta (simulazione con 1 mc su un'areale vasto). In seguito, è stata effettuata un'analisi di dettaglio rispetto alle sole falesie interferenti con l'opera, utilizzando la volumetria di progetto pari a 1 mc (simulazione falesie incidenti sull'area di cava).

9.2 IL MODELLO ROCKYFOR 3D

I modelli di simulazione tridimensionale sono stati introdotti al fine di conoscere il fenomeno di crollo di massi per individuarne:

- 1) il pericolo e la sua distribuzione areale;
- 2) fattori di innesco e modellazione della runout;
- 3) magnitudo e tempi di ritorno;
- 4) realizzare interventi di sicurezza.

Le analisi delle interazioni massa-infrastrutture e parametri di sicurezza nel caso di località antropizzate, permettono di arrivare a conoscere la dinamica della manifestazione dannosa, ricostruirne lo sviluppo in post-evento ma, soprattutto, a comprenderne la pericolosità al fine di sopperire alla mancanza di tempi di preavviso sufficienti alla messa in sicurezza della popolazione interessata e alla realizzazione di efficaci contromisure di sicurezza (barriere paramassi, reti paramassi, muri contenitivi, deviatori, etc.).

Il Rockyfor3D (1998), discendente dei modelli Rocky3 e RockyFor, rappresenta uno dei migliori simulatori tridimensionali attualmente in commercio, destinati all'interpretazione stocastica dei fenomeni di crollo di roccia ed il loro fattore di dissipazione dell'energia su versanti privi di vegetazione o all'occorrenza contro le popolazioni forestali. Ideato dal Dr. Luuk K.A. Dorren (Federal Office for the Environment, FOEN, Svizzera), con la collaborazione di diversi altri autori, sulla base di combinazioni di processi fisici e algoritmi deterministici, perfezionato sulle Alpi austriache e francesi da Frédéric Berger (Cemagref Grenoble, Francia) attraverso sperimentazioni in

campo di rockfalls verificatesi con e senza copertura vegetale, il software è in grado di produrre una mappa raster delle traiettorie tridimensionali di caduta massi che con molta probabilità si andrebbero a verificare in caso di crollo reale. Per il suo funzionamento Rockyfor3D si basa sull'analisi di modelli di elevazione digitale del terreno (DEM), completate da una serie di ulteriori raster atti a descrivere nel dettaglio la microtopografia. Al fine di dare la maggior verosimiglianza al fenomeno, RockyFor3D interpreta la traiettoria di caduta dei massi rocciosi come una sequenza di paraboliche in aria e rimbalzi lungo il versante, analizzandone gli impatti al suolo e/o con la foresta, quantificandone le energie in gioco. Il suo impiego comporta l'esigenza di una robusta conoscenza delle caratteristiche territoriali e dei dati input necessarie al corretto avvio delle simulazioni degli eventi di rockfall, trasformando il sistema in un valido supporto alla gestione selvicolturale delle foreste di protezione.

9.2.1 Algoritmi di calcolo

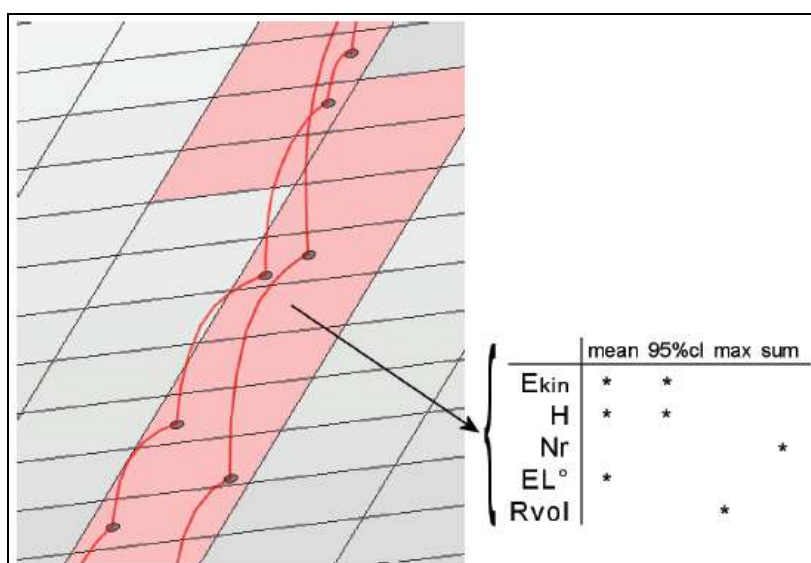
Il sistema reinterpreta i dati in possesso al fine di ottenere una simulazione dell'evento di rockfall finalizzata all'analisi delle traiettorie intraprese dai blocchi in caduta lungo il pendio, le possibili deviazioni in seguito ad impatti al suolo post-rimbalzo e urti contro ostacoli di diversa origine (generalmente alberi) ed il conseguente calo della velocità per dissipazione dell'energia del masso.

L'elaborazione di questi tre aspetti costituisce il fondamento del software, secondo tre moduli principali e uno dedicato all'analisi dell'effetto di dissipazione dell'energia esercitato dalla foresta.

9.2.2 Traiettorie di caduta

Analizzando la distribuzione delle pendenze per ogni singola cella a partire dal modello di elevazione digitale (DEM) del sito di studio, Rockyfor3D interpreta le varie altezze di quota producendo simulazioni di traiettorie di rockfall assecondando la topografia dell'area e soppesando l'energia cinetica acquisita dal masso durante il percorso.

Come già indicato precedentemente, la traiettoria è considerata come un susseguirsi di rimbalzi e parabole in aria; per quanto riguarda le rotazioni del blocco roccioso sulla superficie, la simulazione considera tale movimento come una successione di rimbalzi a breve/brevissima distanza (pari al raggio R del masso e non inferiori a 0,2 metri). Suddetta approssimazione risulta totalmente errata nel caso dello scorrimento, per questo motivo tralasciato dal modello.



Rappresentazione del passaggio da traiettoria 3D ai dati raster di output

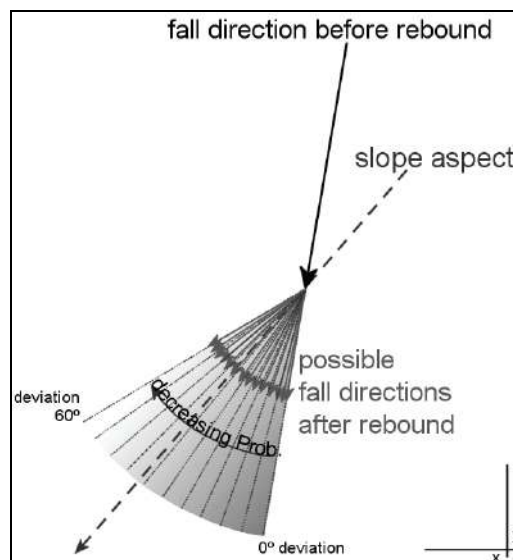
Il quantitativo di simulazioni per cella, o lanci, è aperto alla scelta dell'operatore. Ogni singola traiettoria ha origine con l'innesco del movimento del blocco di roccia, direttamente correlato alla forza di gravità che grava su di esso e, a tal proposito, è individuato per pendenze maggiori a 40°-50°; a prescindere dagli eventi atmosferici agenti sul sito, tale inclinazione è di norma superiore alla forza di attrito che permette al litoide di restare in sede.

Questi punti di innesco, o aree sorgenti, rivestono particolare importanza, in quanto la loro altezza rispetto al piano del suolo e la lontananza da possibili ostacoli (depressioni, popolamenti forestali, infrastrutture, blocchi di roccia), producono un sostanziale aumento dell'energia cinetica del masso. La corsa del masso lungo le traiettorie simulate dal software, comprensive di deviazioni ed eventuali variazioni del percorso post-rimbalzo, risente in particolar modo delle condizioni di acclività del terreno e della presenza di possibili ostacoli; termina con l'esaurimento dell'energia cinetica del blocco, conseguibile per cause naturali (riduzioni delle pendenze) o per dissipazione in seguito a collisioni.

Le variazioni di traiettoria post-rimbalzo si basano su:

- velocità del blocco in entrata e direzione;
- microtopografia dell'area (pendenza);
- range di possibili deviazioni del percorso originale (0°÷60°);
- probabilità di accadimento (determinata dalla velocità di pre-rimbalzo).

Quanto detto viene schematizzato in figura 3; successivamente al rimbalzo la traiettoria subisce una deviazione pari all'angolo maggiormente rappresentativo delle condizioni di acclività delle celle confinanti, in relazione alla velocità posseduta dal litoide; generalmente ciò si manifesta con il compimento di una traiettoria che privilegia la linea di massima pendenza.



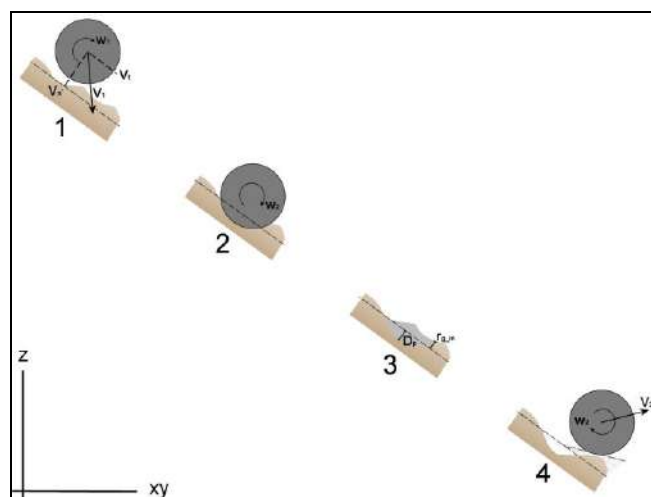
Principio dell'algoritmo di calcolo della direzione di caduta dopo un rimbalzo sulla superficie del pendio

Tale comportamento presenta però una componente casuale, scelta sulla base di un range di angoli tra 0° e 60°, in grado di produrre ulteriori traiettorie, deviate rispetto all'originale in prerimbalzo in combinazione alla velocità.

9.2.3 Dissipazione dell'energia

Sulla base delle elaborazioni prodotte con il primo modello, Rockyfor3D è in grado di quantificare la perdita di energia del masso considerando l'entità degli impatti in seguito ai rimbalzi al suolo, secondo il coefficiente di restituzione del terreno oppure per collisione contro ostacoli a terra. Rockyfor3D analizza in primis la dispersione di energia del blocco di roccia che avviene naturalmente durante la discesa a valle: partendo da valori di default

che assimilano i massi a forme sferiche, il software localizza la posizione del litoide ad ogni istante e la sua situazione. Avendo come base il modello digitale del terreno, è possibile ottenere l'andamento (traiettoria e velocità) del masso vincolato alla microtopografia del versante; il software prevede movimenti identificabili con il moto parabolico uniformemente accelerato attraverso l'aria che implicano quindi un impatto al suolo. Tali collisioni, a seconda delle caratteristiche del terreno (coefficienti di restituzione) e al grado di penetrazione al suolo (D_p) del blocco di roccia, causano la perdita dell'energia cinetica del blocco e ne condizionano il successivo rimbalzo.

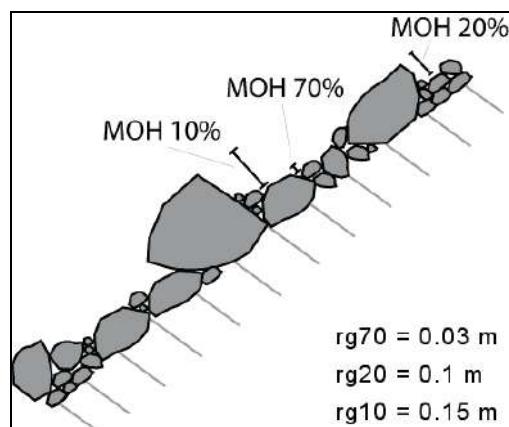


Rappresentazione del meccanismo di rimbalzo secondo gli algoritmi usati da Rockyfor3D

9.2.4 Calcolo della velocità di caduta

Fondando le simulazioni in relazione all'energia cinetica posseduta dal masso in ogni singola cella, la velocità con cui esso può spingersi a valle assume un ruolo chiave nella determinazione del movimento. Ciò che viene analizzato riguarda in particolar modo l'andamento delle velocità in seguito al manifestarsi di rimbalzi (coefficiente di restituzione tangenziale) ed eventuali deviazioni della traiettoria iniziale; a tale proposito particolare attenzione meritano i fattori che ne determinano le variazioni, come le caratteristiche morfometriche del blocco e la scabrezza della superficie del pendio (indice Mean Obstacle Height, MOH).

L'indice dell'altezza media degli ostacoli presenti al suolo determina la microtopografia della superficie del pendio, ossia il suo grado di rugosità e, di conseguenza, la probabilità che un masso in caduta libera si abbatta contro una delle discontinuità presenti.



Rappresentazione dell'altezza di un ostacolo (MOH) rappresentativa per il 70%, 20% e 10% della superficie senza una zona omogenea sul pendio. Il parametro MOH deve essere misurato guardando il pendio verso valle, nella direzione di discesa del masso

Rispetto al DEM permette di approfondire con maggior dettaglio la morfologia locale del versante, al fine di dare effettivo valore alle simulazioni delle traiettorie impegnate dai massi in caduta, nonché peso alle dissipazioni energetiche dovute agli urti.

9.2.5 Impatto con la foresta

Dal momento che il programma è destinato allo studio degli effetti di un crollo su popolamenti forestali, il calo di energia cinetica legato alla dissipazione in seguito agli impatti tra rocce ed alberi assume un ruolo chiave nelle simulazioni; suddetta capacità di assorbire e ammortizzare l'energia del blocco è equiparabile alle caratteristiche delle opere ingegneristiche di protezione.

Nelle traiettorie simulate da Rockyfor3D la posizione del blocco è sempre nota: ciò permette al programma di elaborare l'effetto dell'impatto roccia-vegetazione forestale, analizzandone:

- energia cinetica del blocco;
- luogo dell'impatto (coordinate xy);
- posizione della collisione sul tronco;
- DBH della pianta;
- tipologia della pianta (conifera o latifolia).

9.2.6 Limitazioni del modello

Le simulazioni ottenute con Rockyfor3D sono sensibili per quanto riguarda:

- Risoluzione: le risoluzioni raster consigliate si trovano all'interno dell'intervallo 2x2 fino a 10x10; un ulteriore approfondimento in dettaglio comporta sì una maggior precisione; tuttavia, non sempre produce un miglioramento nella qualità del risultato finale. Risoluzioni ridotte spesso vanno a discapito dell'accuratezza della simulazione, infatti Rockyfor3D è stato realizzato per non subire l'azione di eventuali difetti nei raster (pit). Il modello digitale del terreno deve provenire da database completi e ricchi in dettaglio sulla piccola scala, in quanto l'origine da fonti inadeguate, come ad esempio le carte tecniche ipsometriche, mancanti per quanto concerne la microtopografia del suolo causerebbero scarsa attendibilità delle simulazioni.
- Microtopografia: essenziale per il corretto funzionamento del software è la presenza di dem o dtm caratterizzati da una buona descrizione del territorio, in quanto è proprio la morfologia del suolo con le sue irregolarità a determinare le caratteristiche di caduta del masso e gli impatti verificatisi.
- Altezza dei rimbalzi: varia al decrescere della risoluzione del DEM; tende ad abbassarsi nelle superfici pianeggianti e, al contrario, aumenta nei versanti più acclivi.
- Distribuzione degli impatti: la localizzazione spaziale dei massi nelle simulazioni è prossima al dato reale ma perde di accuratezza in presenza di raster a bassa risoluzione.
- Altezza degli impatti: la posizione media degli impatti lungo il fusto delle piante ha scarsa corrispondenza alla realtà, soprattutto se prodotta a partire simulazioni basate su DTM di limitata qualità.

9.3 RASTER DI INPUT E DI OUTPUT DELLA SIMULAZIONE CON ROCKYFOR3D

La complessità delle simulazioni di Rockyfor3d deriva dall'inserimento di un ricco database di input atto a fornire al software un quadro dettagliato della situazione dell'area presa in esame. Buone conoscenze del territorio risultano perciò indispensabili alla predisposizione dei files di input, costituiti da un numero minimo di dieci mappe raster in

formato ASCII, di eguale risoluzione (ottimale da 2 a 10 metri per cella, destinati alla descrizione degli elementi caratteristici del versante e rielaborati in seguito per ottenere l'evento di rockfall.

Parte dei dati di input sono riservati alla rappresentazione della geomorfologia del sito, mentre la restante componente è indirizzata all'identificazione delle caratteristiche vegetazionali, nel caso in cui si voglia quantificare l'effetto della foresta contro il fenomeno di crollo.

È possibile, inoltre, predisporre un file contenente informazioni relative a piccole opere di difesa, quali le barriere paramassi, per quantificarne la funzionalità.

9.3.1 Files di input

dem.asc

Modello digitale del terreno. Impiegato per l'analisi della pendenza e dell'esposizione. In alternativa è possibile servirsi anche del DTM.

soiltype.asc

Tipologia del suolo. Mappa raster identificativa del tipo di sottosuolo del versante. Ha lo scopo di fornire informazioni sull'elasticità del terreno (R_n) riscontrabile durante l'impatto al suolo delle rocce. Rockyfor3D prevede 8 modelli di sottosuolo:

- 0 – materiale molle interamente penetrabile;
- 1 – sedimento fine (penetrazione oltre i 100 centimetri);
- 2 – sedimento fine/sabbioso (penetrazione inferiore ai 100 centimetri);
- 3 – terreno compatto di medie dimensioni, ghiaione ($D < 10$ cm), strada forestale;
- 4 – terreno compatto e frazione detritica, ghiaione ($D > 10$ cm);
- 5 – suolo roccioso alterato, terreno coesivo interamente ricoperto da detrito;
- 6 – suolo roccioso compatto;
- 7 – strada asfaltata.

Coefficiente medio di restituzione normale

$R_N = 0$ per solitype 0

$R_N = 0,23$ per solitype 1

$R_N = 0,28$ per solitype 2

$R_N = 0,33$ per solitype 3

$R_N = 0,38$ per solitype 4

$R_N = 0,43$ per solitype 5

$R_N = 0,53$ per solitype 6

$R_N = 0,40$ per solitype 7

rg70.asc

rg20.asc

rg10.asc

Mean Obstacle Height. Relativo alle percentuali di 70, 20 e 10.

rockdensity.asc

Densità di roccia. Mappa raster rappresentativa della distribuzione della componente rocciosa per cella, con valori da 0 (nessuna roccia) fino a 3300 kg/m³. Necessaria all'individuazione delle aree sorgenti o punti di rilascio dei blocchi (valori > 0) e alla calibrazione dei massi liberati.

d1.asc

d2.asc

d3.asc

Dimensione dei blocchi. Raccolta di altezze (D1), larghezze (D2) e lunghezze (D3) dei massi rilevati sulle singole celle sorgenti. Nelle

simulazioni tali valori assumono casualmente variazioni volumetriche scelte tra $\pm 0\%$ e $\pm 50\%$.

blshape.as

Block shape_Forma del blocco. Mappa raster comprensiva della definizione della forma apparente del masso per ogni cella sorgente. Rockyfor3D prevede 5 soluzioni:

- 0 – nessuna forma/dato mancante;
- 1 – blocco rettangolare ($D1^1D2^1D3$);
- 2 – blocco ellissoidale ($D1^1D2^1D3$);
- 3 – blocco sferico ($D1=D2=D3$);
- 4 – blocco discoidale (con $D_{min} = 1/3$ di D_x, D_y e $D_x@D_y$).

La cella sorgente con valore 0 viene gestita come blocco ellissoidale o sferico, sulla base dei raster d1-d2-d3.asc.

9.3.2 Simulazioni con popolamento forestale

Per le simulazioni con popolamento forestale.

treefile.txt

Aree forestali. Mappa raster comprensiva del censimento forestale, derivata da rilievo in campo o da analisi satellitare Laserscanning (Metodo 1), ricostituita automaticamente dal software in assenza di dati puntuali (Metodo 2).

- Metodo 1:

Contiene le coordinate x e y di ogni albero e il relativo DBH.

- Metodo 2:

Posizione e dettaglio delle piante vengono randomizzati sulla mappa raster secondo i files prodotti:

nrtrees.asc: densità forestale (N/ha);

dbhmean.asc: DBH medio;

dbhstd.asc: deviazione standard del DBH;

conif_percentuale.asc

Percentuale di conifere. Valore % della quantità di conifere in grado di accrescere o abbassare la resistenza media del popolamento forestale sul crollo.

9.3.3 Simulazioni con opere di difesa

Simulazioni con opere di difesa. Operazione possibile mediante la conversione raster dei valori vettoriali delle linee rappresentanti le reti. Anche in questo caso è fondamentale lavorare con mappe della stessa risoluzione.

net number.asc

Numero di reti paramassi.

net energy.asc

Capacità di assorbimento dell'energia. (kJ)

net height.asc

Altezza delle reti paramassi.

9.4 **IMPOSTAZIONI DELLA SIMULAZIONE**

La generazione di simulazioni con Rockyfor3D è un aspetto speditivo del lavoro grazie ad un'interfaccia grafica minimalista e di istintiva comprensione.

All'operatore viene richiesto di individuare:

- numero di simulazioni: numero di traiettorie individuate per ogni cella sorgente;

- variazione del volume del blocco: percentuale (tra $\pm 0\%$ e $\pm 50\%$) con la quale le tre dimensioni del blocco verranno modificate in modo casuale durante ogni lancio. tale valore rappresenta l'unico parametro del modello in grado di simulare la frammentazione del blocco roccioso al momento dell'impatto sul versante, a seguito della caduta libera dalla parete rocciosa;
- altezza iniziale: valore di default pari a 0 in quanto si tratta di una voce da inserire nel caso in cui il blocco roccioso venga rilasciato ad una certa distanza dal suolo; in questo modo il masso presenterà una velocità iniziale superiore;
- foresta: da considerare nel caso in cui si voglia considerare nella simulazione l'effetto di un popolamento;
- opere di difesa.

Nel nostro caso, il software è stato utilizzato per eseguire diverse analisi: l'identificazione delle principali traiettorie, l'analisi degli arresti rapportata alla presenza di testimoni muti e l'individuazione della probabilità di occorrenza spaziale. Infatti, Rockyfor3D fornisce la probabilità di invasione di ciascuna cella. Nell'analisi di propagazione viene considerata la probabilità che un evento di caduta massi di qualsiasi intensità si verifichi in una data area. In altre parole, l'informazione ottenuta è di natura spaziale, totalmente svincolata da una probabilità annua di accadimento. Questa analisi è stata eseguita per poter successivamente realizzare un'analisi di rischio, essendo praticamente nulli i dati circa l'attività della zona sorgente (in termini di numero di crolli all'anno).

Nell'ottica di poter individuare le eventuali opere di mitigazione e per poter realizzare una "robusta" analisi di rischio, nel settore sono state condotte le simulazioni con l'utilizzo del DTM regionale 2x2m.

9.4.1 Simulazioni di crollo

Si sono utilizzati i seguenti dati di input:

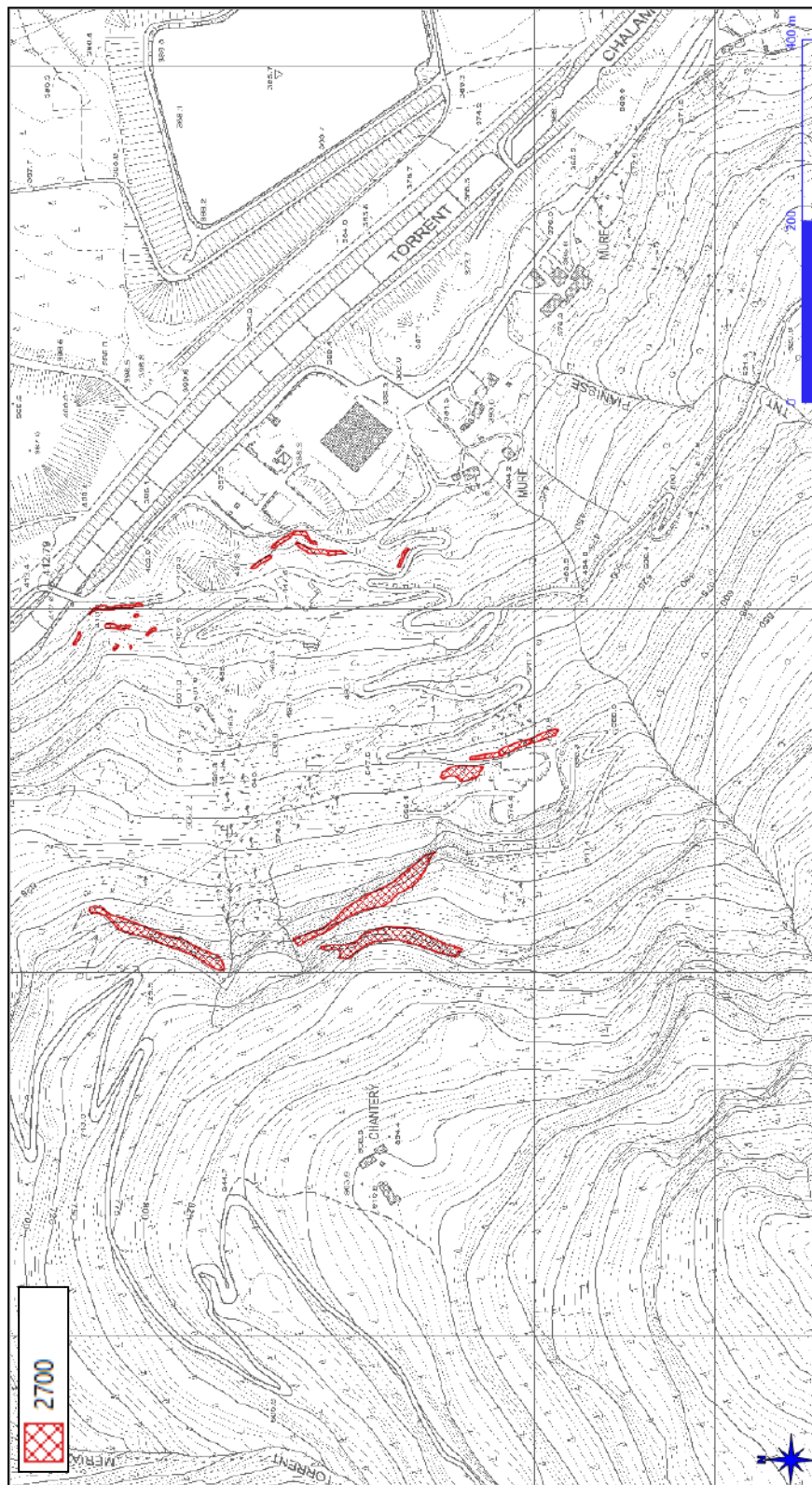
<i>Parametro</i>	<i>INPUT utilizzato</i>
<i>Raster utilizzato</i>	DTM regionale 2m X 2m
<i>numero di simulazioni</i>	1000 per ogni cella sorgente Per un totale di: 2.559.000 nella situazione di progetto (simulazione per il centro di recupero) e 5041000 simulazioni nella condizione "falsie incidenti sull'area di cava Mecca"
<i>variazione del volume del blocco</i>	0%
<i>volume del blocco</i>	1 mc
<i>altezza iniziale</i>	0,0 m
<i>popolamento forestale</i>	CONSIDERATO
<i>opere di difesa</i>	NON CONSIDERATE

Per la valutazione della pericolosità insistente sull'area è stata utilizzata la simulazione effettuata dallo scrivente per il centro di recupero presente a valle del settore.

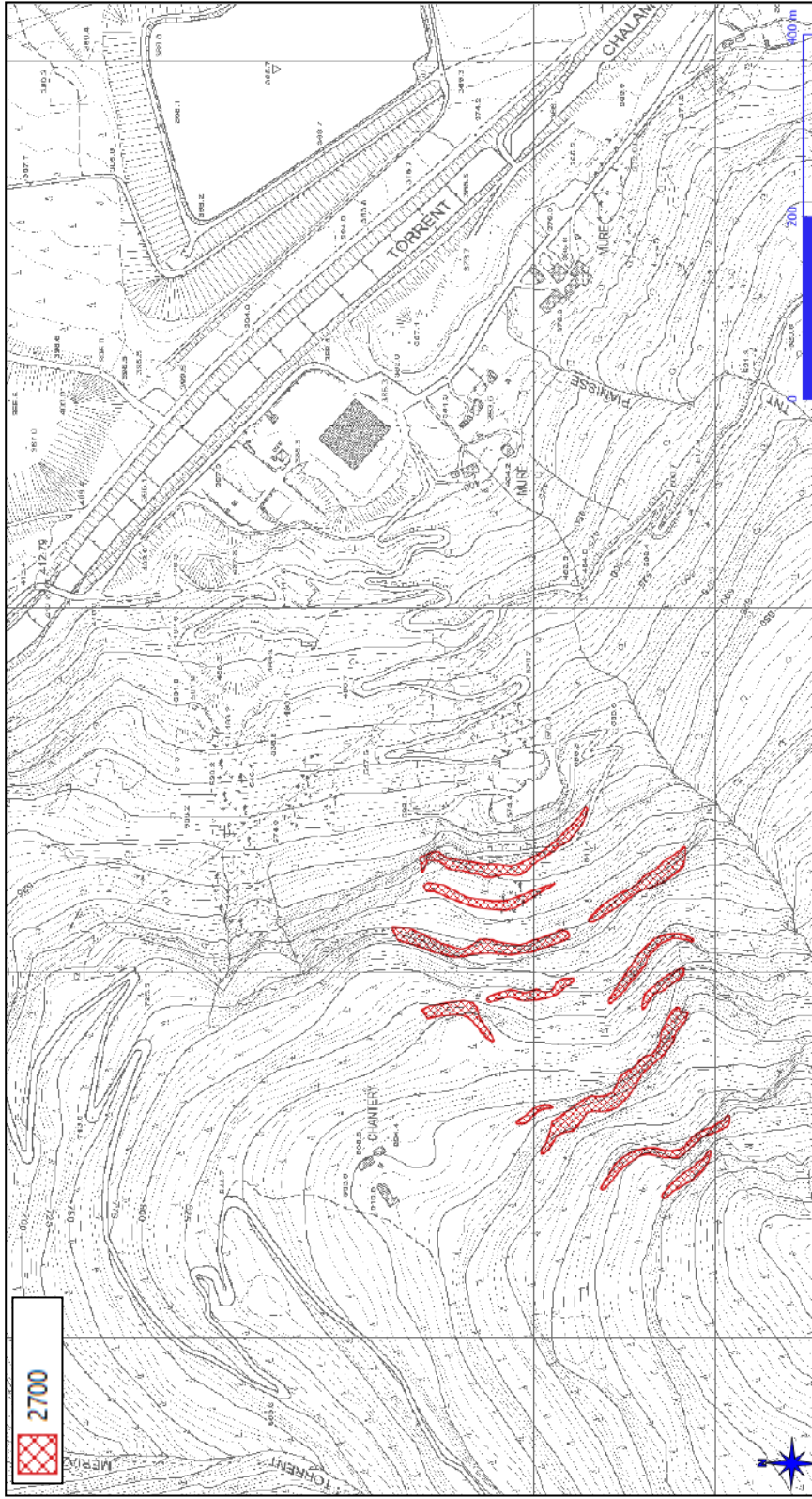
In un'ottica cautelativa, è stata eseguita una seconda simulazione per tenere conto della pericolosità derivata da eventi che si possono generare da un'area più ampia, comprendente anche le falsie rocciose presenti a Sud-Ovest, a monte dell'area estrattiva denominata "Mecca".

Come meglio spiegato nei capitoli precedenti, è stata effettuata un'analisi di dettaglio rispetto alle sole falesie interferenti con l'area di cava, utilizzando la volumetria di progetto pari a 1 mc.

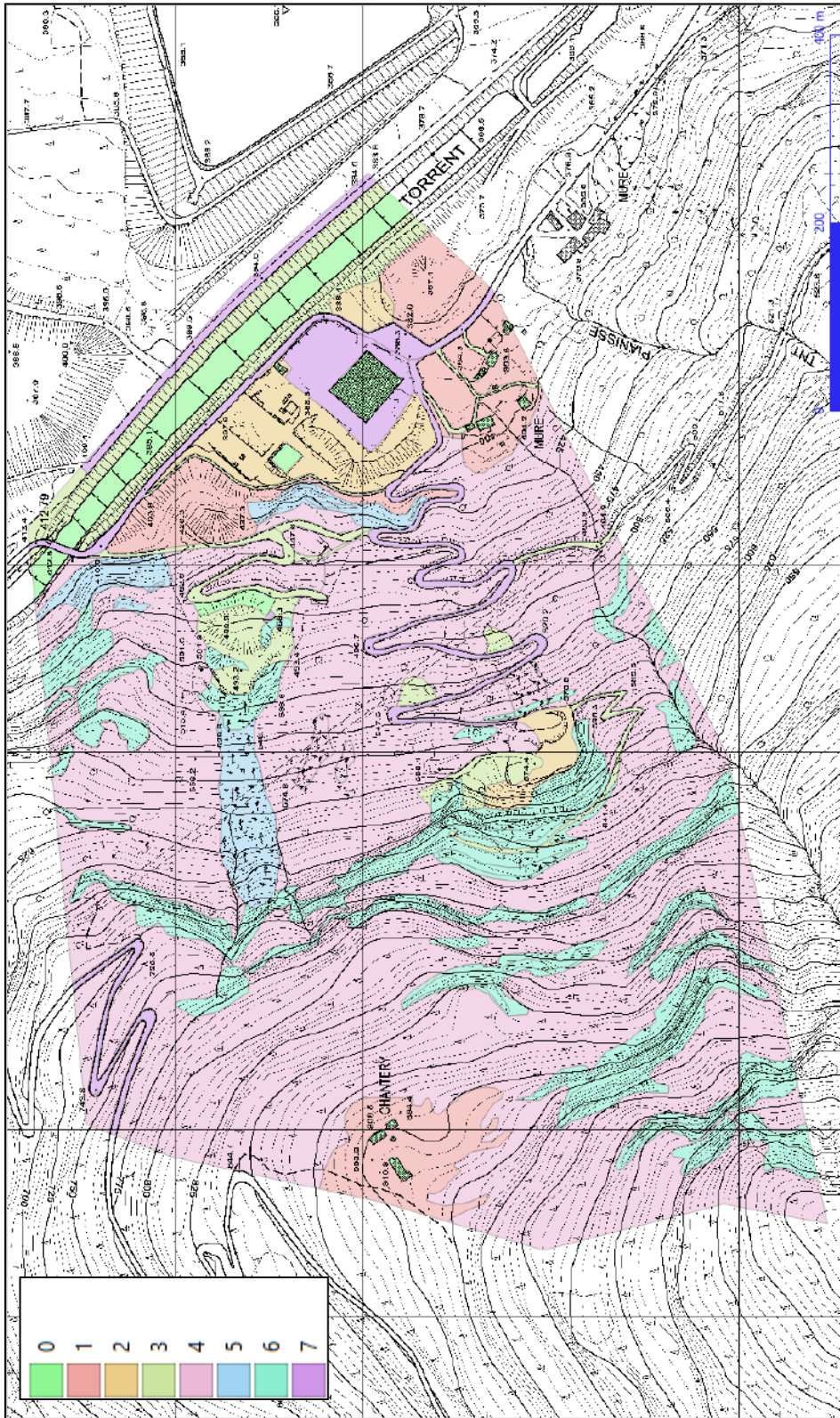
Di seguito si riportano le planimetrie con le aree sorgenti ed i valori attribuiti ai vari terreni nelle due simulazioni.



Aree sorgenti – “situazione di progetto (centro di recupero)”

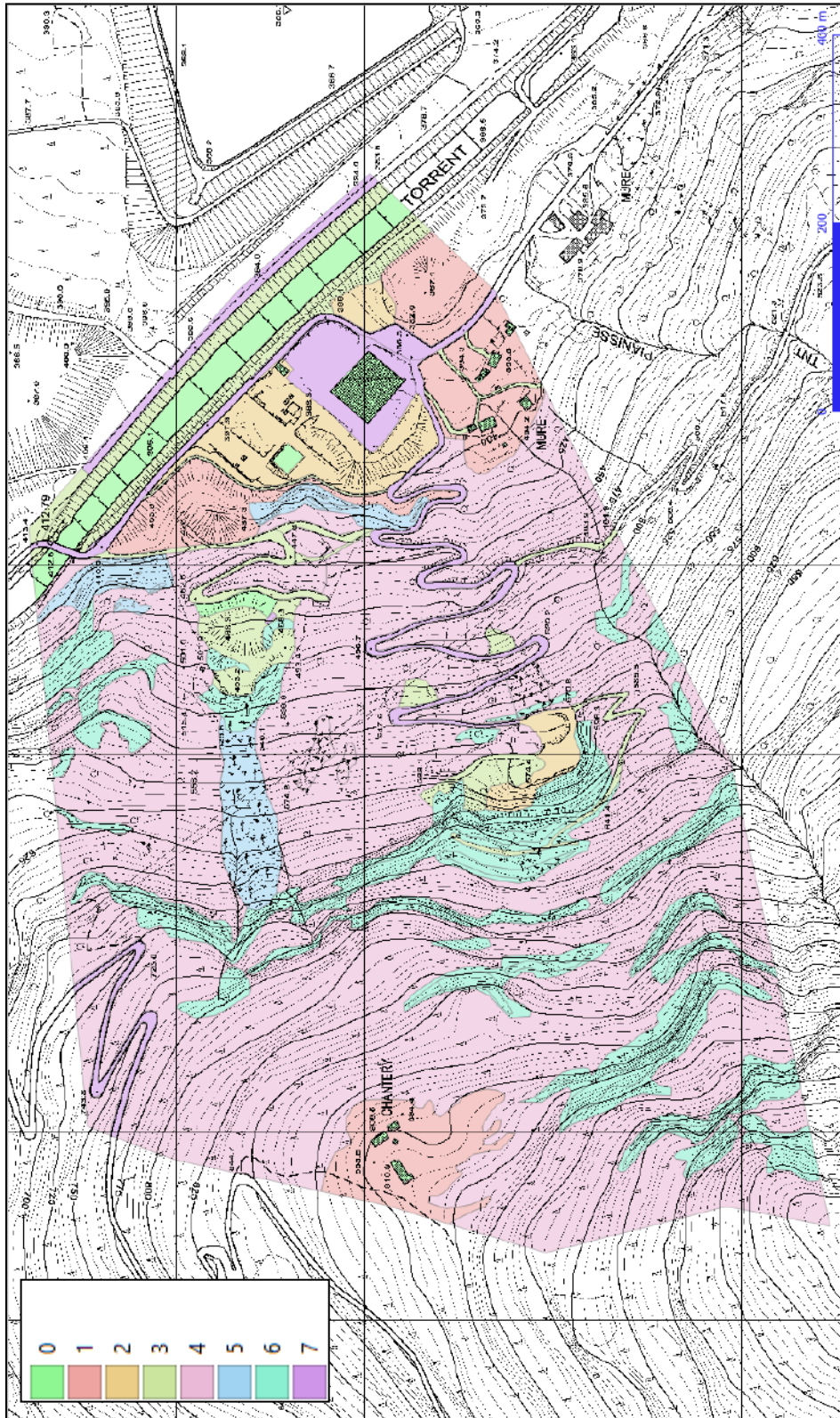


Aree sorgenti – “falesie incidenti sull’area di cava - Mecca”



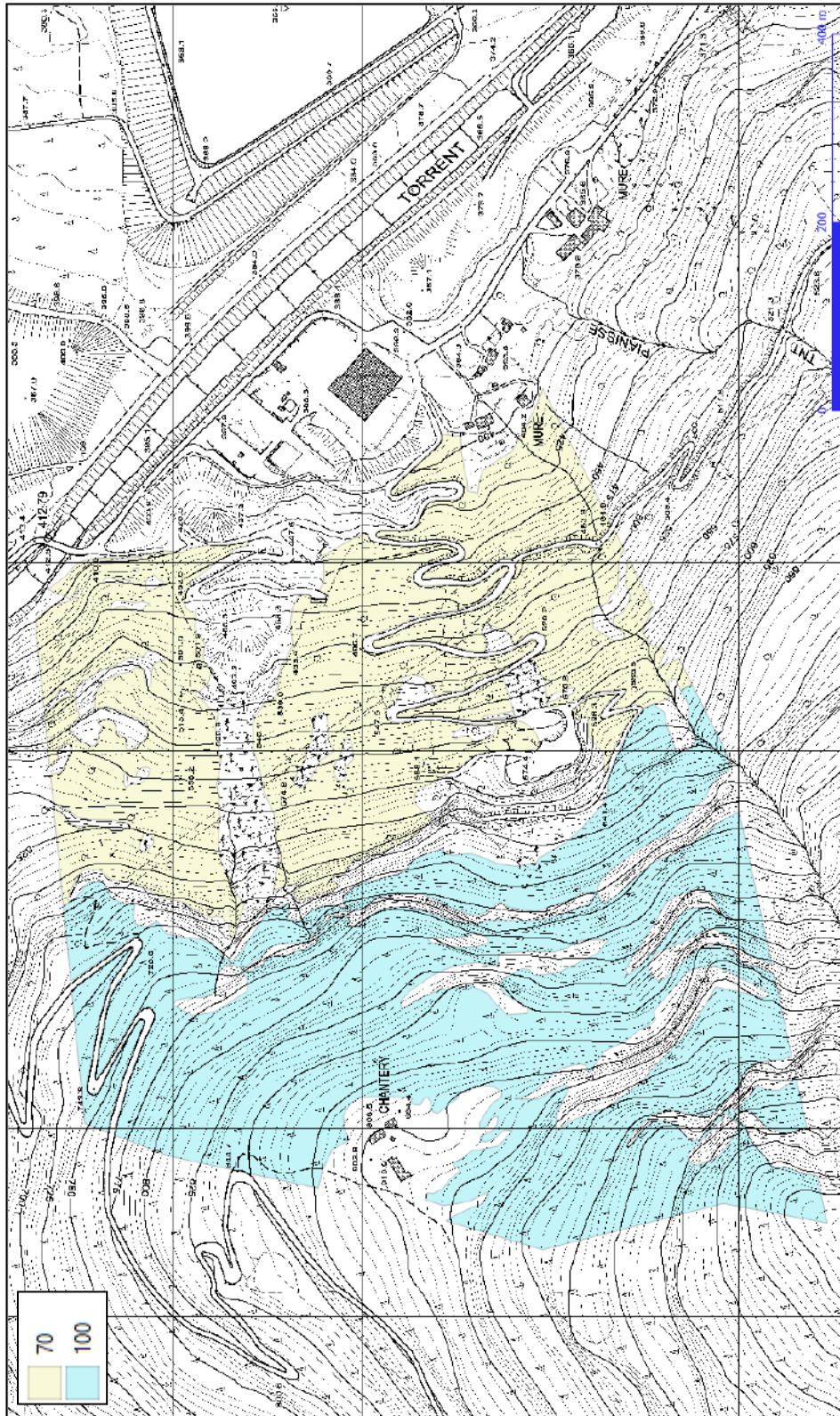
Terrain – “situazione di progetto (centro di recupero)”

	ROCDENSITY	BLSHAPE	D1	D2	D3	RG70	RG20	RG10	SOILTYPE
1	0	0	0	0	0	100,00000000	100,00000000	100,00000000	0
2	0	0	0	0	0	0,15	0,2	0,25	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0,15	0,2	0,25	2
5	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	2
6	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,05	3
7	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,05	3
8	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	3
9	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,08	3
10	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,9	4
11	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,1	4
12	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	5
13	2700	1	1,00000000	1,00000000	1,00000000	0	0,05	0,1	5
14	0	0	0	0	0	0	0	0,05	6
15	2700	1	1,00000000	1,00000000	1,00000000	0	0	0,05	6
16	0	0	0	0	0	0	0	0,05	6
17	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	6
18	0	0	0	0	0	0	0	0	7



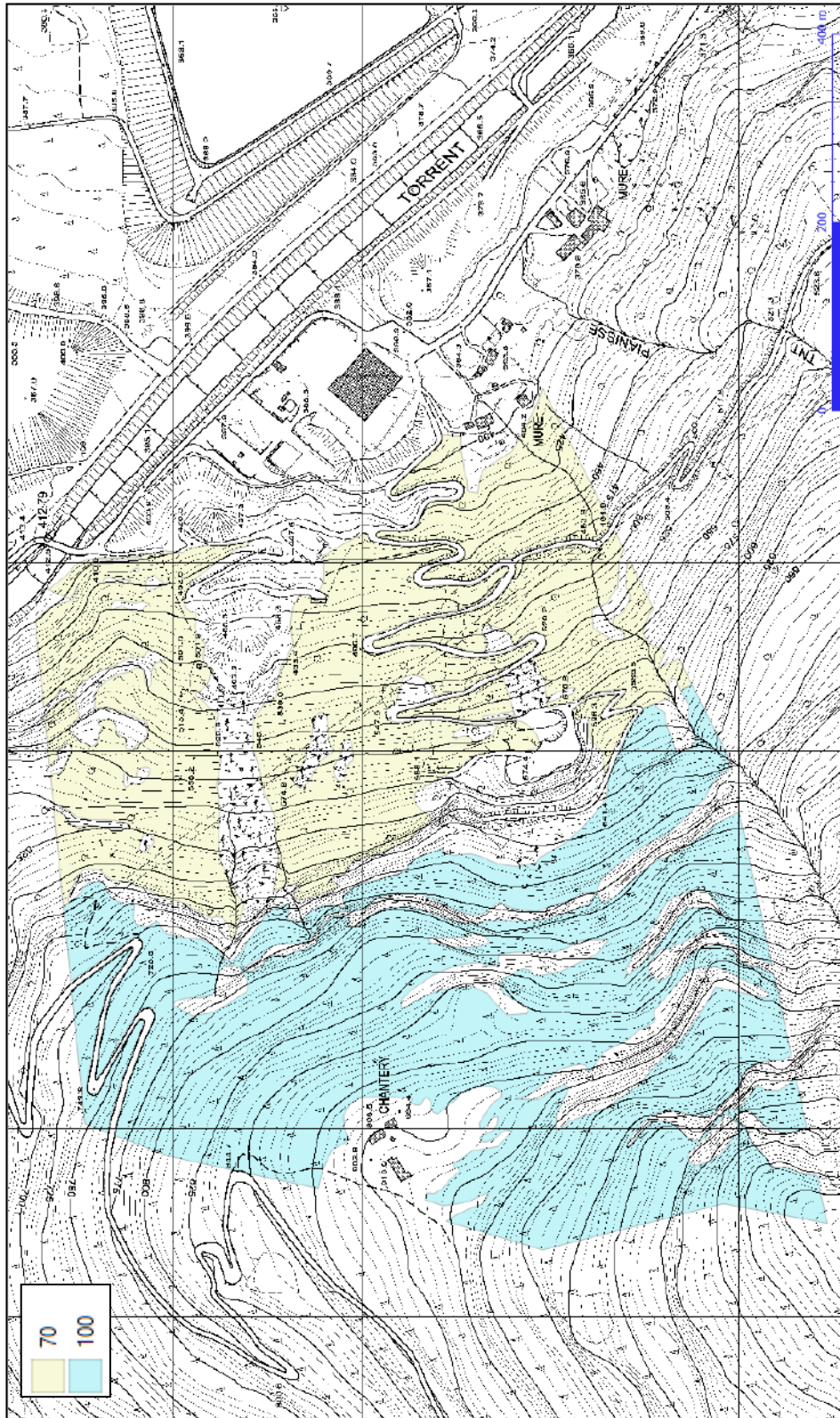
Terrain – “falesie incidenti sull’area di cava - Mecca”

	ROCDENSITY	BLSHAPE	D1	D2	D3	RG70	RG20	RG10	SOILTYPE	▲
1	0	0	0	0	0	100,00000000	100,00000000	100,00000000		0
2	0	0	0	0	0	0,15	0,2	0,25		1
3	0	0	0	0	0	0	0	0		1
4	0	0	0	0	0	0,15	0,2	0,25		2
5	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03		2
6	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,08		3
7	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,05		3
8	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,05		3
9	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03		3
10	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,9		4
11	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,1		4
12	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1		5
13	2700	1	1,00000000	1,00000000	1,00000000	0	0	0,05		6
14	2700	1	1,00000000	1,00000000	1,00000000	0	0,05	0,1		6
15	0	0	0	0	0	0	0	0,05		6
16	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1		6
17	0	0	0	0	0	0	0	0		7



Forest – “situazione di progetto (centro di recupero)”

	nrtrees	dbhmean	dbhstd	conif_perc
1	100	25,00	10,00	0
2	70	20,00	10,00	0



Forest – “falesie incidenti sull’area di cava - Mecca”

	ntrees	dbhmean	dbhstd	conif_perc
1	100	25,00	10,00	0
2	70	20,00	10,00	0

9.5 FILES DI OUTPUT

Attraverso i files di input e le indicazioni fornite dall'operatore, Rockyfor3D ricrea l'evento di rockfall e ne simula lo sviluppo lungo il rilievo, registrando tutti i massimi valori risultanti per ogni singola cella. Ad ogni istante temporale il blocco simulato supera o rimbalza in una data cella raster e i massimi delle diverse variabili simulate in quella cella vengono memorizzati nella relativa cella in differenti raster. Tutti gli output di Rockyfor3D sono perciò in formato raster e aventi la stessa dimensione, risoluzione e formato dei raster di input.

Per comprendere al meglio il fenomeno vengono di seguito riportati i raster più rappresentativi tra quelli creati automaticamente dal programma. Ad esempio si tratta di:

E_mean.asc: media dei massimi valori di energia cinetica (di rotazione e di traslazione) in di tutti i blocchi simulati in quella cella;

E_95.asc: il 95 percentile di energia cinetica registrati in ogni cella;

Ph_mean.asc: media della massima altezza di passaggio (misurata in metri nella direzione normale alla pendenza della superficie) di tutti i blocchi che passano attraverso la cella;

Ph_95.asc: il 95 percentile di altezza di passaggio registrata in ogni cella;

Nr_passages.asc: numero di blocchi passati in ogni cella;

Nr_deposited.asc: numero di blocchi fermati in ogni cella. Questa mappa è una fonte eccellente per delineare le zone di arresto di una caduta massi su un'area di studio come base per una mappa di pericolosità;

Reach_probability.asc: mappa che mostra se è probabile (valori più elevati nella mappa) o improbabile (valori più bassi nella mappa ma sempre maggiori di zero) che un masso arrivi in una data cella. In ogni cella è rappresentato in % il seguente valore: $(\text{Nr_passages} * 100) / (\text{Nr_simulations_per_source_cell} * \text{Nr_sourcecells})$ [%].

Il programma riporta anche un log file chiamato Rockyfor3D_v50_logfile_dd-mm-yyyy_HHMM.txt che contiene le principali informazioni sulla simulazione.

Per il presente lavoro si sono utilizzati solamente i raster sotto riportati in quanto quelli minimi indispensabili per l'analisi condotta e relativa alle condizioni ante e post-operam. Di seguito si riportano i raster di output relativi alle simulazioni effettuate:

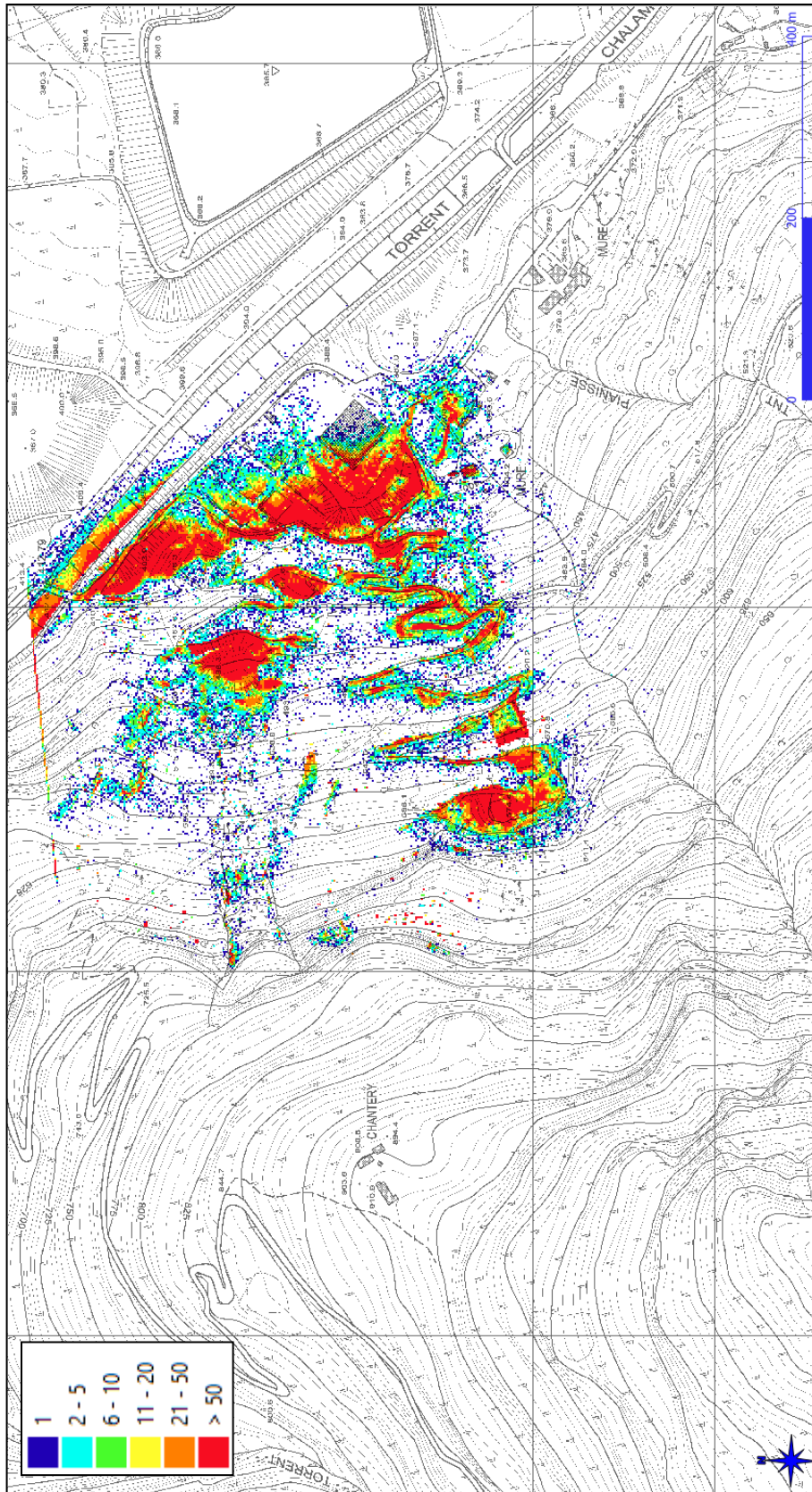
Nr_deposited;

Nr_passages;

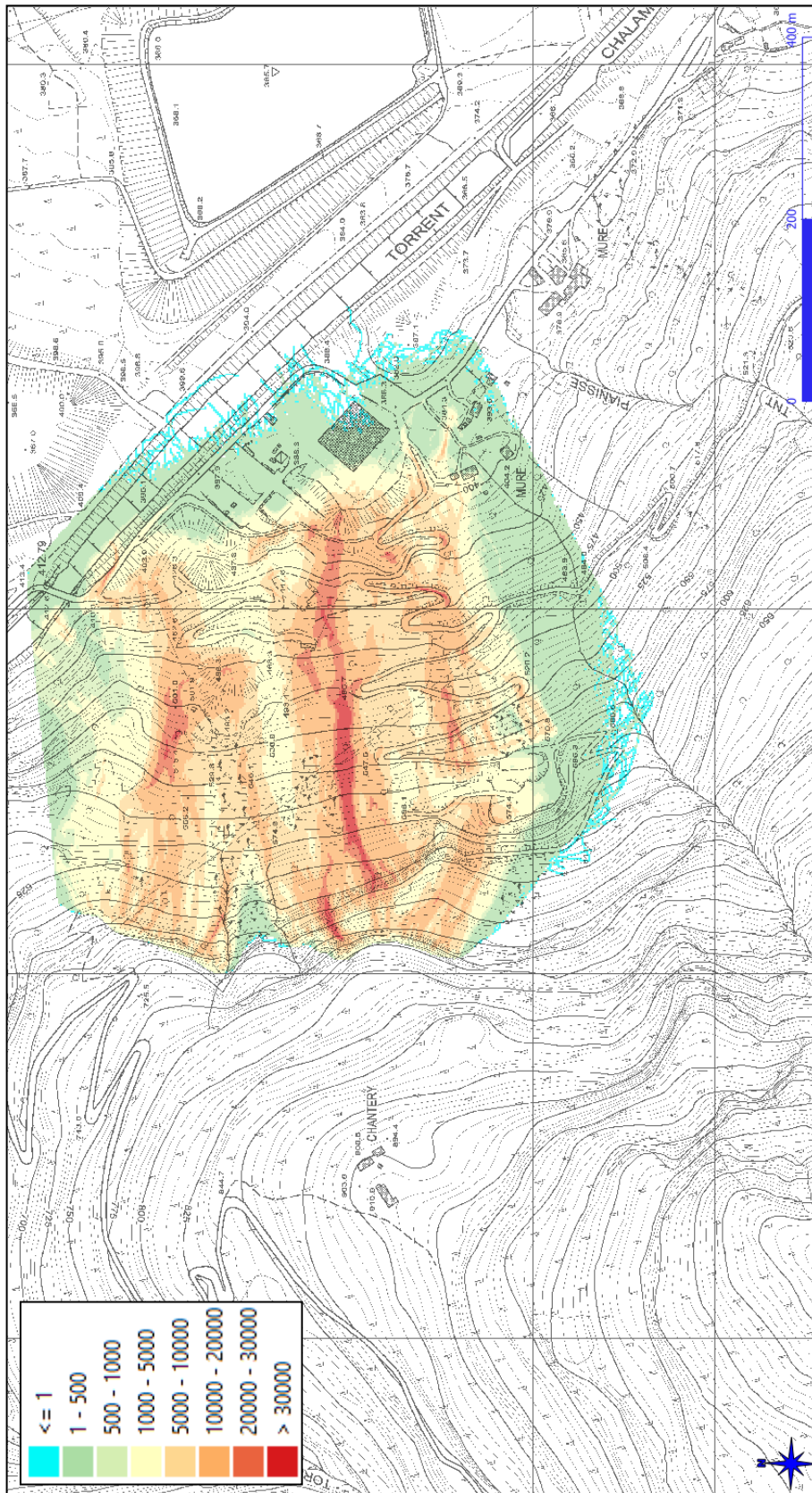
reach probability.

Il raster relativo alla reach probability è stato utilizzato per la valutazione quantitativa del rischio nell'area di cava, come meglio descritto nei capitoli successivi.

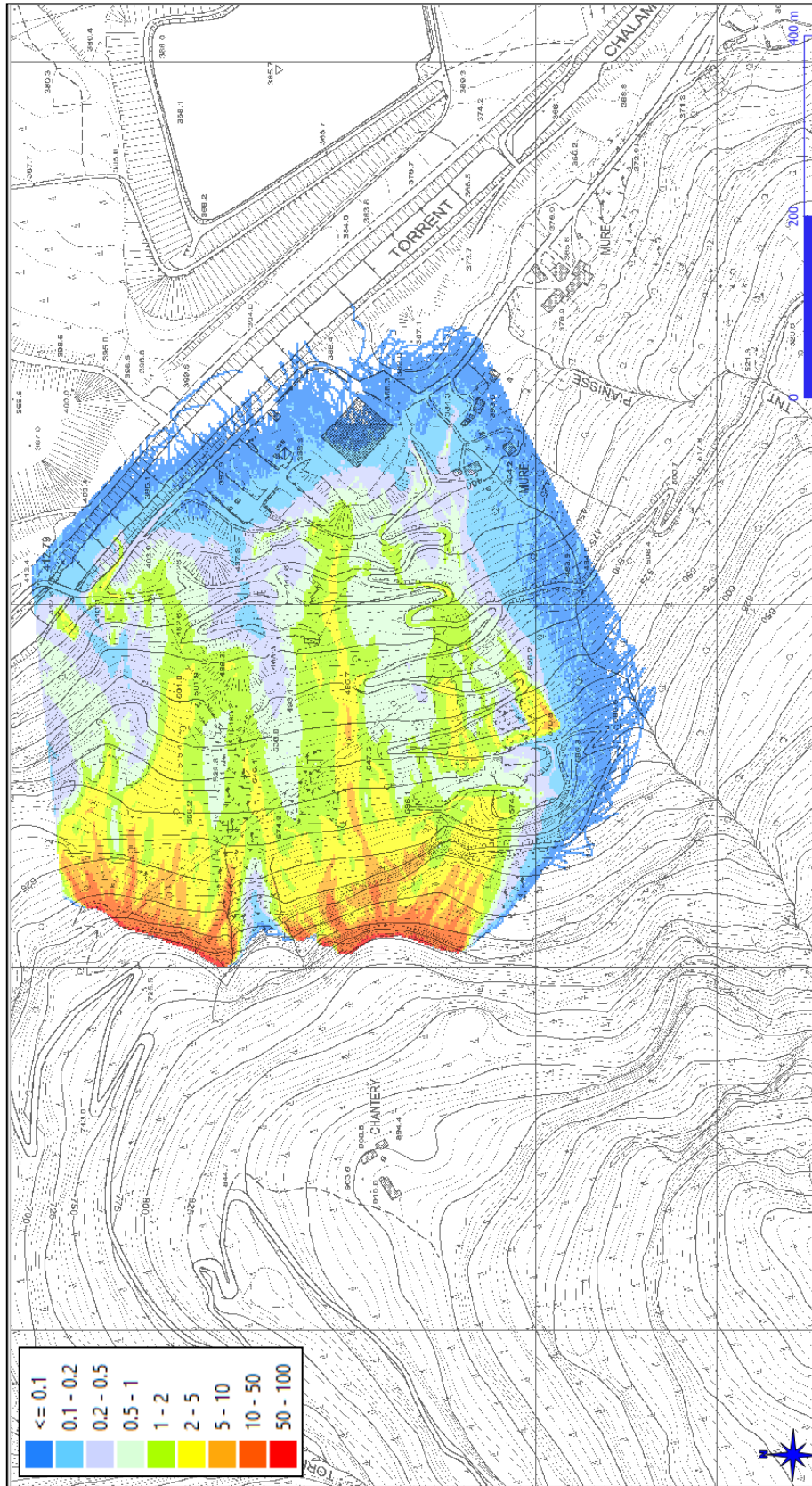
9.5.1 Simulazioni di crollo - “situazione di progetto (centro di recupero)”



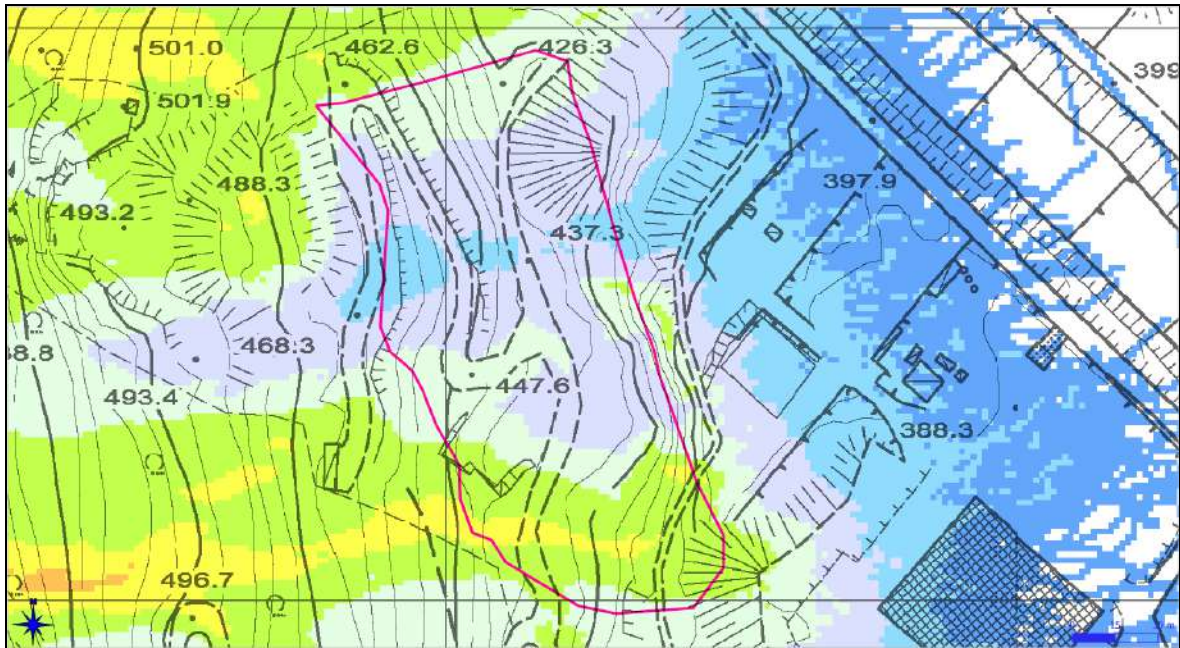
Raster - Nr_Deposited



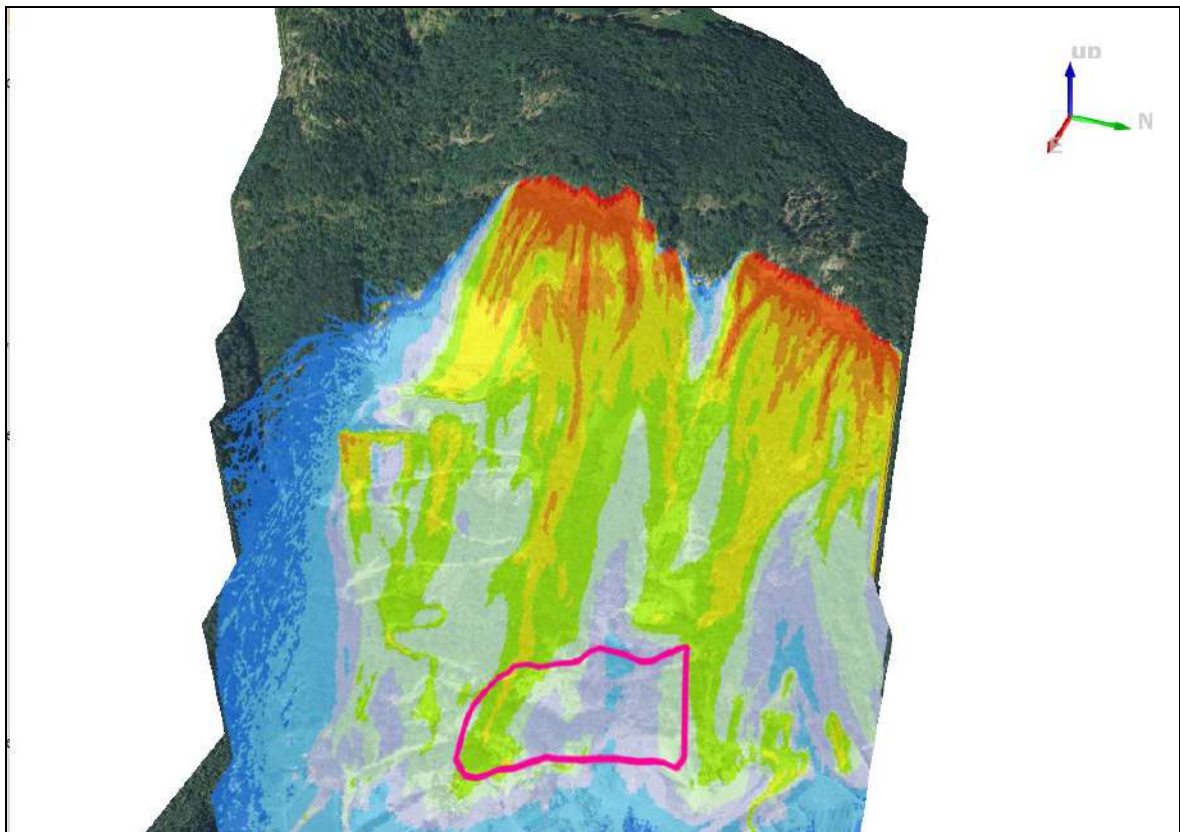
Raster – Nr_passages



Raster – reach probability



Raster "Reach Probability – dettaglio dell'area di cava"



Raster "Reach Probability – "Mappa 3D"

Di seguito si riportano i listati del log finale delle simulazioni effettuate:

Rockyfor3D v5.2.14 - Simulations completed on Thu Aug 12 11:27:30 2021

simulation started on Thu Aug 12 11:00:44 2021

simulation settings:

- rock volume variation = +/- 0

- nr. of simulations per source cell = 1000

- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 2559000

- additional initial fallheight = 0.000000 m
- Simulation with forest and without nets

Overall simulated block volumes:

- min = 1.000000 m³
- mean = 1.000000 m³
- max = 1.000000 m³

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 2350.600000 kj
- maximum energy value = 4735.200000 kj

Statistics on Energy Line Angles recalculated from simulated trajectories:

EL_angle[°] frequency[-] frequency[%]

0.00	82.00	0.00
1.00	375.00	0.01
2.00	2981.00	0.12
3.00	2190.00	0.09
4.00	1676.00	0.07
5.00	3957.00	0.16
6.00	1234.00	0.05
7.00	534.00	0.02
8.00	8129.00	0.32
9.00	15601.00	0.61
10.00	16617.00	0.65
11.00	22117.00	0.87
12.00	9320.00	0.37
13.00	7916.00	0.31
14.00	9374.00	0.37
15.00	9369.00	0.37
16.00	16470.00	0.65
17.00	11857.00	0.47
18.00	12166.00	0.48
19.00	13254.00	0.52
20.00	30629.00	1.21
21.00	14944.00	0.59
22.00	31692.00	1.25
23.00	53577.00	2.11
24.00	69061.00	2.72
25.00	73671.00	2.90
26.00	125584.00	4.94
27.00	237332.00	9.34
28.00	407126.00	16.03
29.00	364584.00	14.35
30.00	323910.00	12.75
31.00	254842.00	10.03
32.00	110246.00	4.34
33.00	43987.00	1.73
34.00	42593.00	1.68
35.00	30621.00	1.21
36.00	34095.00	1.34
37.00	37986.00	1.50
38.00	35410.00	1.39
39.00	19071.00	0.75
40.00	10649.00	0.42
41.00	8085.00	0.32
42.00	5416.00	0.21

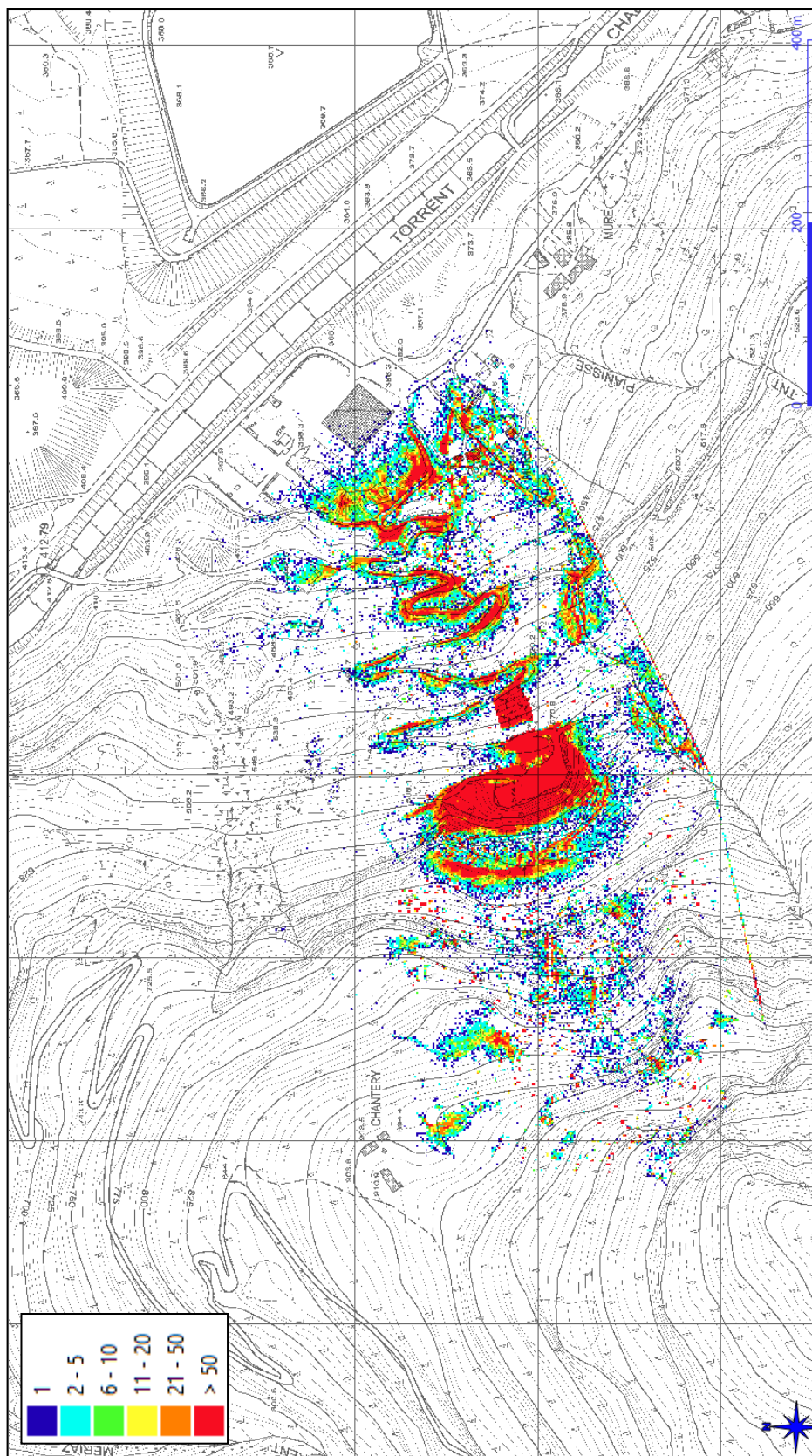
43.00	1269.00	0.05
44.00	1677.00	0.07
45.00	838.00	0.03
46.00	1208.00	0.05
47.00	1431.00	0.06
48.00	2124.00	0.08
49.00	1386.00	0.05

Output rasters (for explanation see also: www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf, chapter 4)

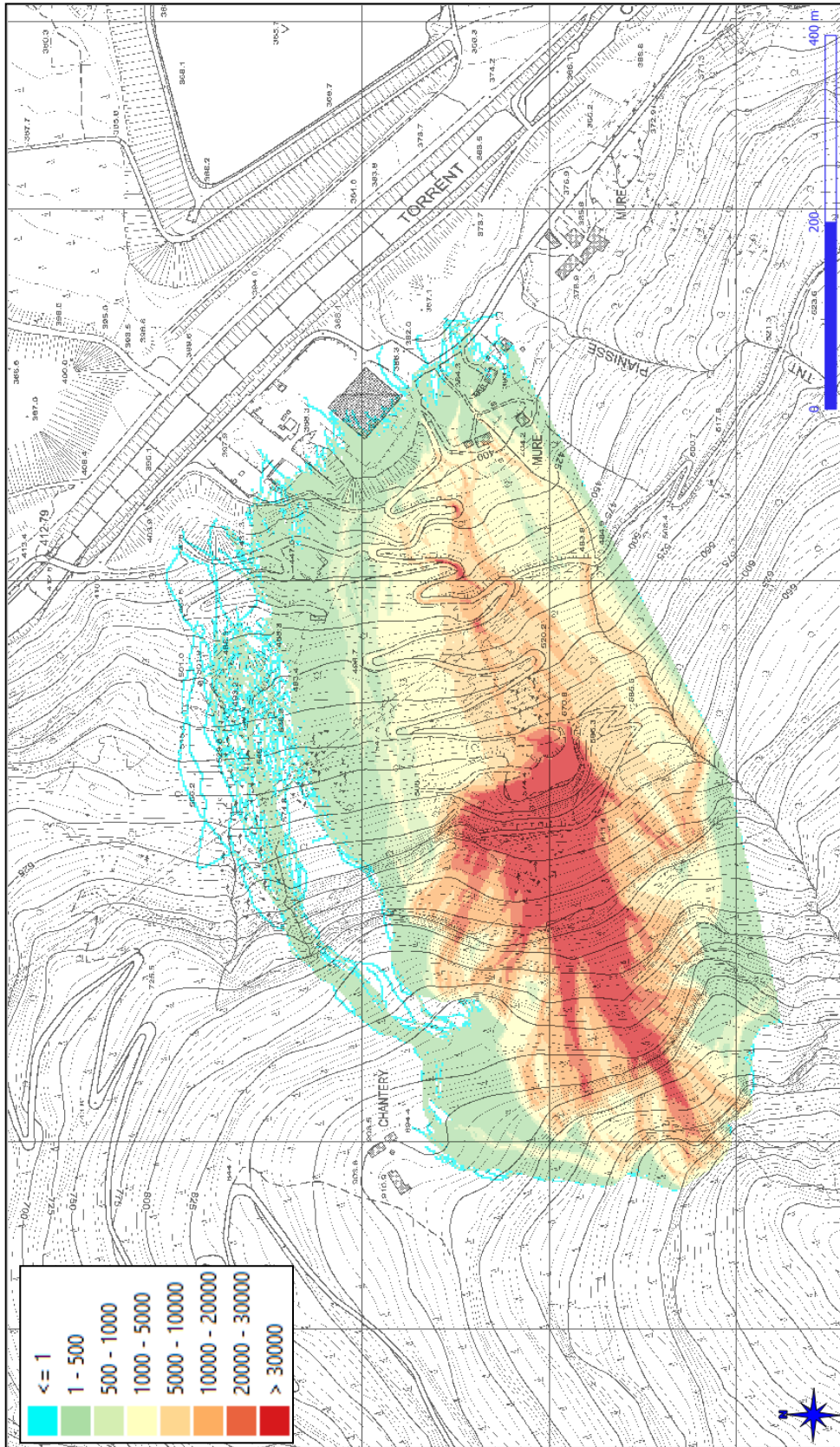
- *E_mean.asc*: mean kinetic energy ($E_{trans} + E_{rot}$) per raster cell [kJ]
- *E_95.asc*: 95% CL of the kinetic energy values per raster cell [kJ]
- *Ph_mean.asc*: mean normal passage height per raster cell [m]
- *Ph_95.asc*: 95% CL of the normal passage heights per raster cell [m]
- *Nr_passages.asc*: number of blocks passed through each raster cell [-]
- *Nr_sourcecells.asc*: number of source cells the simulated blocks originated from per raster cell [-]
- *Reach_probability.asc*: $(Nr_passages * 100) / (Nr_sourcecells * Nr_simulations_per_source_cell)$ [%]
- *Nr_deposited.asc*: number of blocks stopped in each raster cell [-]
- *Rvol_deposit.asc*: maximum block volume stopped in each raster cell [m³]
- *Traj_time.asc*: minimum time needed to reach a raster cell from the defined source areas [s]
- *Tree_impact_heights.asc*: maximum tree impact height per raster cell [m]
- *Nr_tree_impacts.asc*: number of tree impacts per raster cell [-]
- *V_max.asc*: absolute maximum simulated velocity per raster cell (m/s)
- *EL_angles.asc*: minimum recalculated Energy Line angle in each raster cell [°]

REMARKS

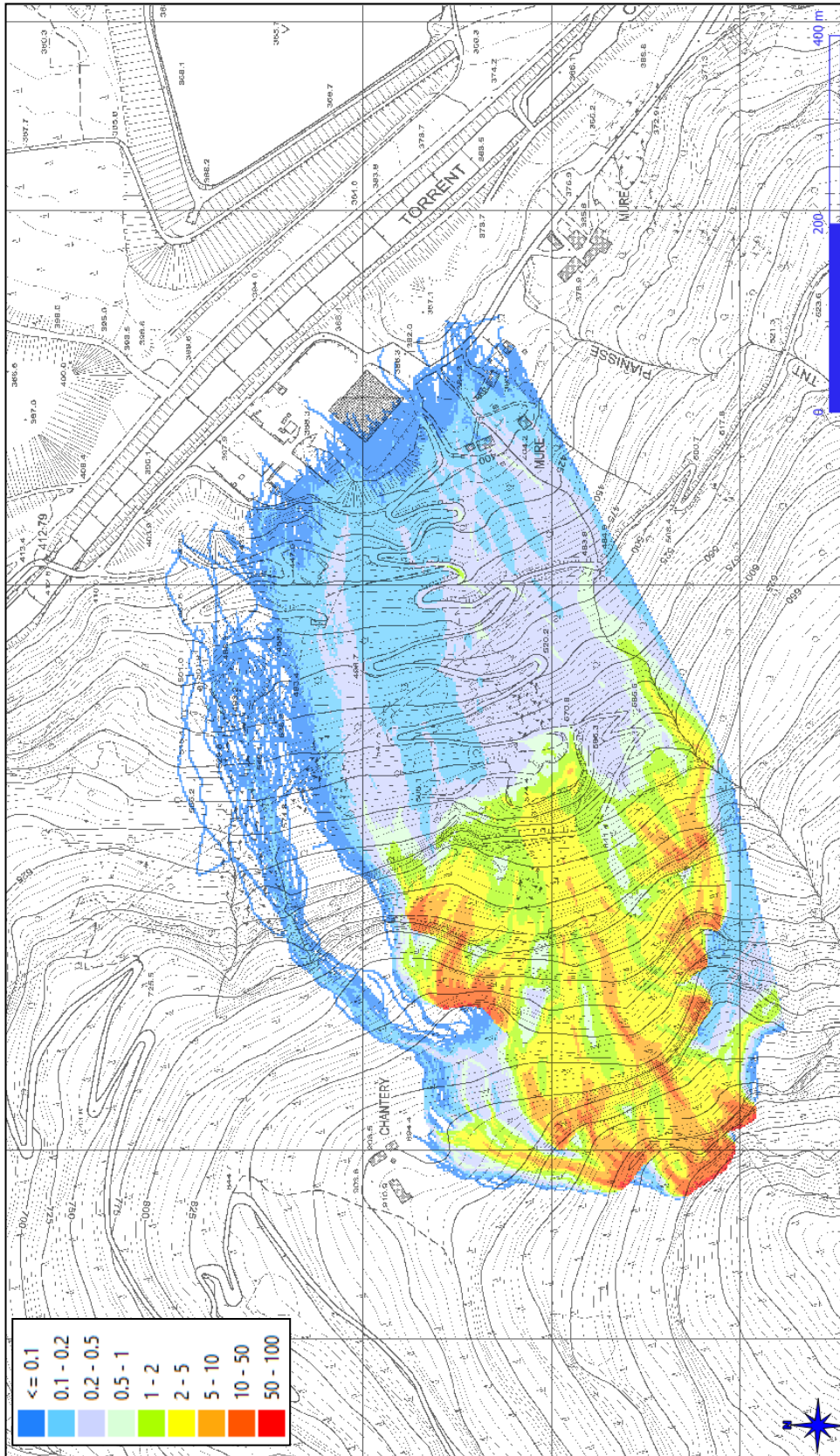
9.5.2 *Simulazioni di crollo – falesie incidenti sull’area di cava Mecca*



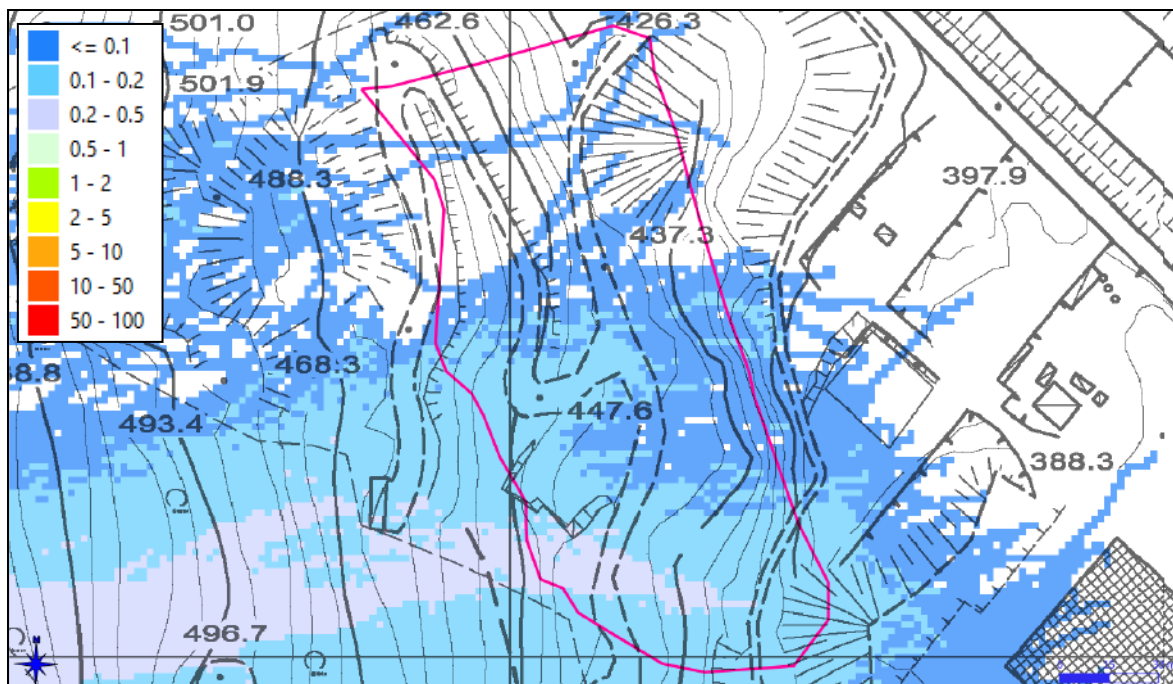
Raster – Nr_Deposited



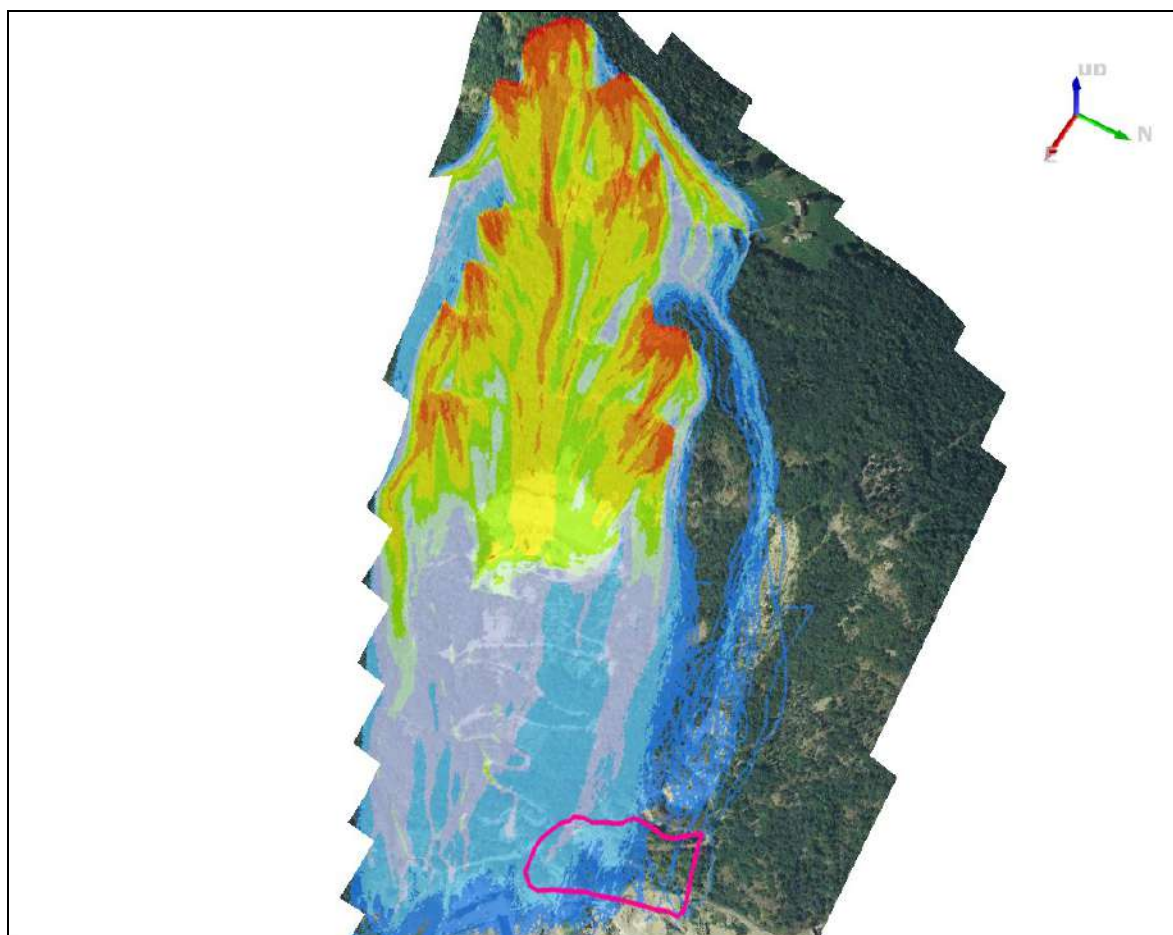
Raster – Nr_passages



Raster – reach probability



Raster "Reach Probability – dettaglio dell'area di cava"



Raster "Reach Probability – "Mappa 3D"

Di seguito si riportano i listati del log finale delle simulazioni effettuate:

Rockyfor3D v5.2.15 - Simulations completed on Wed Nov 29 14:00:25 2023

simulation started on Wed Nov 29 13:16:34 2023

simulation settings:

- rock volume variation = +/- 0
- nr. of simulations per source cell = 1000
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 5041000
- additional initial fallheight = 0.000000 m
- Simulation with forest and without nets

Overall simulated block volumes:

- min = 1.000000 m³
- mean = 1.000000 m³
- max = 1.000000 m³

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 3591.600000 kj
- maximum energy value = 116450.000000 kj

Statistics on Energy Line Angles recalculated from simulated trajectories:

EL_angle[°]	frequency[-]	frequency[%]
2.00	250.00	0.00
3.00	0.00	0.00
4.00	5.00	0.00
5.00	0.00	0.00
6.00	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00
10.00	1.00	0.00
11.00	1.00	0.00
12.00	37.00	0.00
13.00	656.00	0.01
14.00	408.00	0.01
15.00	170.00	0.00
16.00	5451.00	0.11
17.00	6777.00	0.13
18.00	6821.00	0.14
19.00	44368.00	0.88
20.00	26912.00	0.53
21.00	51796.00	1.03
22.00	87063.00	1.73
23.00	40322.00	0.80
24.00	66589.00	1.32
25.00	104269.00	2.07
26.00	119567.00	2.37
27.00	236119.00	4.69
28.00	284965.00	5.66
29.00	289430.00	5.75
30.00	296042.00	5.88
31.00	398290.00	7.91
32.00	451641.00	8.97
33.00	498162.00	9.89
34.00	378884.00	7.53
35.00	428087.00	8.50
36.00	369488.00	7.34
37.00	257053.00	5.11
38.00	137310.00	2.73
39.00	113683.00	2.26

40.00	107583.00	2.14
41.00	88398.00	1.76
42.00	39750.00	0.79
43.00	33106.00	0.66
44.00	25748.00	0.51
45.00	22306.00	0.44
46.00	10029.00	0.20
47.00	4033.00	0.08
48.00	2574.00	0.05
49.00	638.00	0.01

Output rasters (for explanation see also: www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf, chapter 4)

- *E_mean.asc*: mean kinetic energy ($E_{trans} + E_{rot}$) per raster cell [kJ]
- *E_95.asc*: 95% CL of the kinetic energy values per raster cell [kJ]
- *Ph_mean.asc*: mean normal passage height per raster cell [m]
- *Ph_95.asc*: 95% CL of the normal passage heights per raster cell [m]
- *Nr_passages.asc*: number of blocks passed through each raster cell [-]
- *Nr_sourcecells.asc*: number of source cells the simulated blocks originated from per raster cell [-]
- *Reach_probability.asc*: $(Nr_passages * 100) / (Nr_sourcecells * Nr_simulations_per_source_cell)$ [%]
- *Nr_deposited.asc*: number of blocks stopped in each raster cell [-]
- *Rvol_deposit.asc*: maximum block volume stopped in each raster cell [m³]
- *Traj_time.asc*: minimum time needed to reach a raster cell from the defined source areas [s]
- *Tree_impact_heights.asc*: maximum tree impact height per raster cell [m]
- *Nr_tree_impacts.asc*: number of tree impacts per raster cell [-]
- *V_max.asc*: absolute maximum simulated velocity per raster cell (m/s)
- *EL_angles.asc*: minimum recalculated Energy Line angle in each raster cell [°]

REMARKS

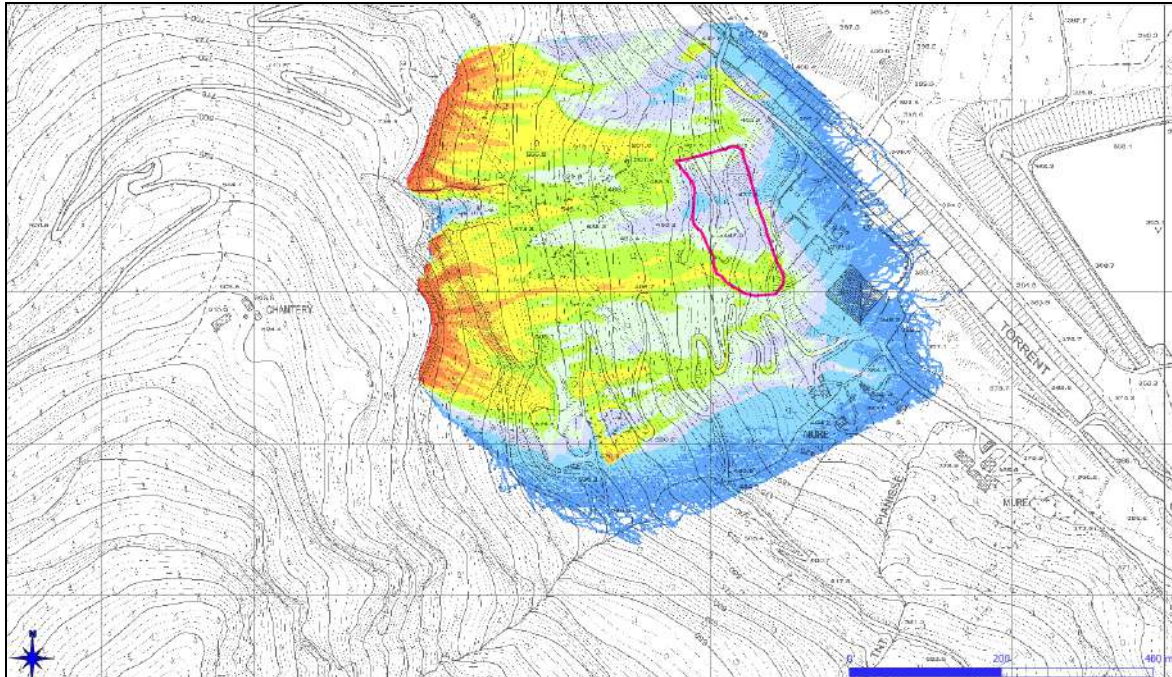
9.6 CONCLUSIONE VERIFICHE 3D: QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO

Per avere una quantificazione del rischio relativo all'area di cava sono stati utilizzati i raster di output relativi alla "reach probability". Le altezze e le energie ricavate con l'analisi 3D non sono state considerate in quanto generalmente i risultati ottenuti con tale software sono fortemente sovrastimati,

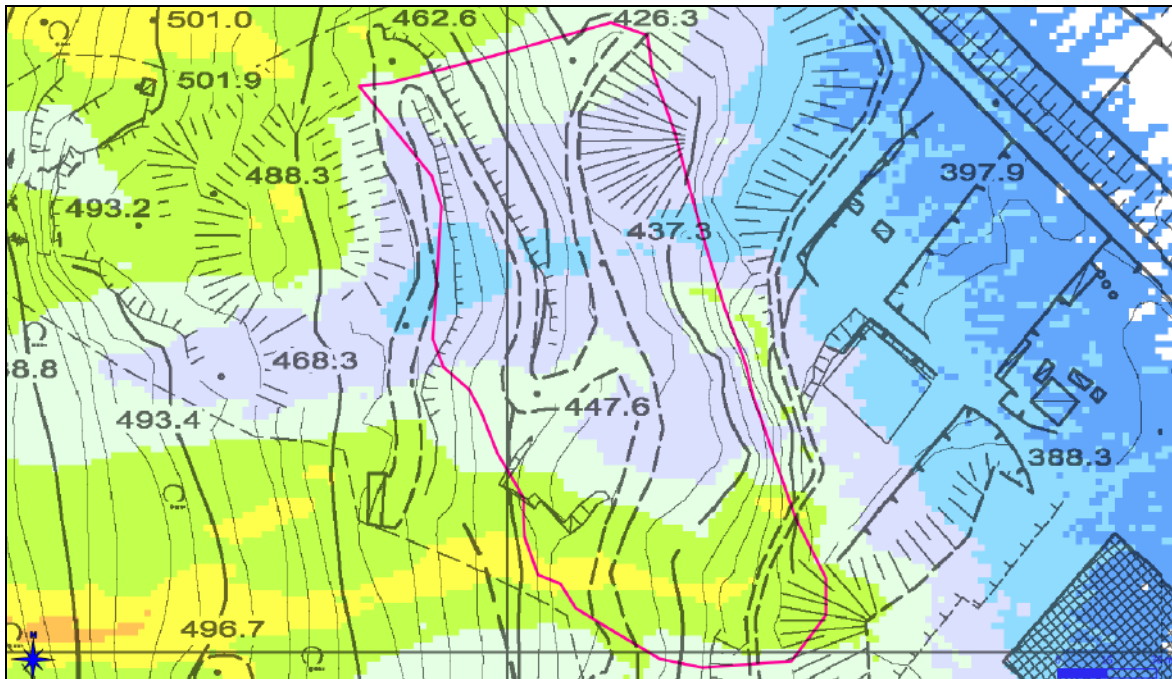
Come indicato precedentemente, la presente proposta progettuale si basa su un'analisi di rischio relativa alla possibilità che gli eventuali blocchi che si distaccano dalle falesie raggiungano l'area di cava. L'analisi risulta necessaria al fine di calcolare il livello di rischio per gli operai durante le lavorazioni.

Per la stima del rischio è stata intrapresa la valutazione della pericolosità intrinseca del sito. La valutazione della pericolosità intrinseca del sito è stata ricavata utilizzando il software di simulazione Rockyfor 3D e analizzando il raster di output "Reach probability". Nella "Reach probability" viene considerata la probabilità che un evento di caduta massi di qualsiasi intensità si verifichi in una data area. In altre parole, l'informazione ottenuta è di natura spaziale, totalmente svincolata da una probabilità annua di accadimento. Questa analisi ha pertanto permesso di valutare la pericolosità.

Di seguito si riporta la planimetria delle aree di coltivazione con i valori di "Reach probability" calcolati.



Raster "Reach Probability"

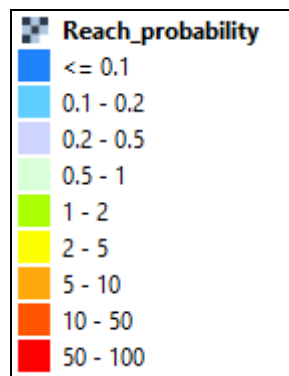


Raster "Reach Probability – dettaglio"

Come stabilito, il valore di reach probability indica solamente la probabilità che un masso delle dimensioni del blocco di progetto raggiunga un determinato punto dell'area di interesse, ma non dice nulla in merito alla frequenza con il quale si verifica l'evento di crollo. In base alla bibliografia ed agli studi eseguiti, l'utilizzo del metro cubo come blocco per la reach probability è quello che permette di avere la migliore distribuzione dei blocchi sul versante.

L'analisi è stata fatta su tutto il versante andando a rilevare tutte le possibili aree di distacco dei blocchi a prescindere dalla loro attività: si tratta di un'analisi fortemente cautelativa in quanto comprende tutte le falesie anche se da queste non si hanno informazioni di crolli avvenuti nel passato.

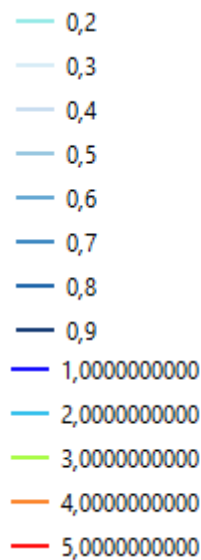
Dal momento che Rockyfor3D fornisce la probabilità di invasione di ciascuna cella, sono state definite le seguenti classi di probabilità di occorrenza (spaziale):



Eseguendo un'analisi del rischio improntata a mitigare la pericolosità dell'area si è ritenuto di considerare come critici i settori di versante che presentano una reach probability superiore allo 1,0%. Tale assunto risulta comunque fortemente cautelativo in quanto la simulazione di caduta massi con Rockyfor3D ha comportato un numero elevatissimo di crolli (1000 distacchi per ogni cella sorgente per un totale di 2.559.000 nella situazione di progetto (simulazione per il centro di recupero)

In un'ottica cautelativa, per la definizione del livello di rischio sono state considerate anche le traiettorie con valori inferiori allo 1,0%.

Sulla base di tali assunti è stata effettuata l'analisi di rischio come previsto dalle norme UNI del luglio 2021 (UNI 11211-2:2021 - Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 2: Programma preliminare di intervento), così come meglio esplicitato nei capitoli successivi. Di seguito si riportano le planimetrie della reach probability.





Reach probability (curve di livello) – 1mc – dettaglio area di cava – rilievo Geoform

L'analisi è stata eseguita nella condizione più critica, rappresentata dallo stato attuale: in tale situazione sono presenti i fronti di coltivazione più vicini agli elementi potenzialmente esposti. Le verifiche intermedie in fase di coltivazione diventano meno critiche in quanto i fronti di coltivazione si abbassano e arretrano verso monte; inoltre, a valle del fronte si viene a creare un ampio ripiano in roccia che garantisce l'arresto dei blocchi provenienti da monte che di quelli che si potrebbero distaccare dal fronte di coltivazione (cfr. verifiche di caduta massi 2D). Dal punto di vista tecnico, la simulazione 3D permette di avere un'analisi di dettaglio degli eventuali blocchi che si possono distaccare dai fronti di cava e dalle falesie poste nelle vicinanze: si è ritenuto di non eseguire le simulazioni in fase di coltivazione (fasi intermedie) e di recupero in quanto la modifica del DTM, su areali così contenuti, non garantisce l'affidabilità del dato ottenuto. Inoltre, la modifica del DTM con la creazione di ripiani risulta tecnicamente molto difficoltosa e rischia di creare delle morfologie fittizie e non corrispondenti alla reale condizione di progetto.

10. QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO

10.1 PREMESSE

La valutazione degli attuali livelli di rischio è relativa solamente alla caduta massi. Per tale analisi si è fatto riferimento alle norme UNI 11211-2 del luglio 2021.

10.2 DEFINIZIONE DEL LIVELLO DI RISCHIO INDIVIDUALE

La definizione di “Rischio Individuale” (RI) che si trova in letteratura è la seguente: “frequenza a cui ci si aspetta che un individuo sia sottoposto a un certo livello di danno a causa di un incidente”. Il RI è il rischio a cui è sottoposto un singolo individuo in un dato periodo di tempo e riflette la severità del pericolo e il tempo in cui l’individuo è all’interno dell’area a rischio. Tra i rischi individuali RI, il rischio di decesso è normalmente espresso come decessi all’anno per persona: la valutazione eseguita nel presente documento riguarda essenzialmente tale rischio. La valutazione e limitazione del rischio individuale è molto simile in molti paesi europei e non europei e in particolare il valore di RI è accettabile quando varia tra valori di 10^{-5} morti/anno e di 10^{-6} morti anno.

	RI (morti/anno/per sona) Soglia di Accettabilità	RI (morti/anno/persona) Soglia di Non Accettabilità
Olanda	10^{-6}	10^{-5}
UK	10^{-6}	10^{-4} (pubblico)- 10^{-3} (lavoratori)
Canada	10^{-6}	10^{-4}
Australia	10^{-6}	Non Utilizzato
Russia	10^{-6}	10^{-4}
Hong Kong	10^{-5}	Non Utilizzato

Per la situazione italiana la soglia di accettabilità per il rischio individuale pari a 10^{-6} morti anno, già utilizzata negli altri paesi, si può considerare abbastanza ragionevole: basti pensare che in Italia ogni anno solo per l’incidentalità stradale si ha in media un rischio individuale di morte pari a circa 10^{-4} morti anno.

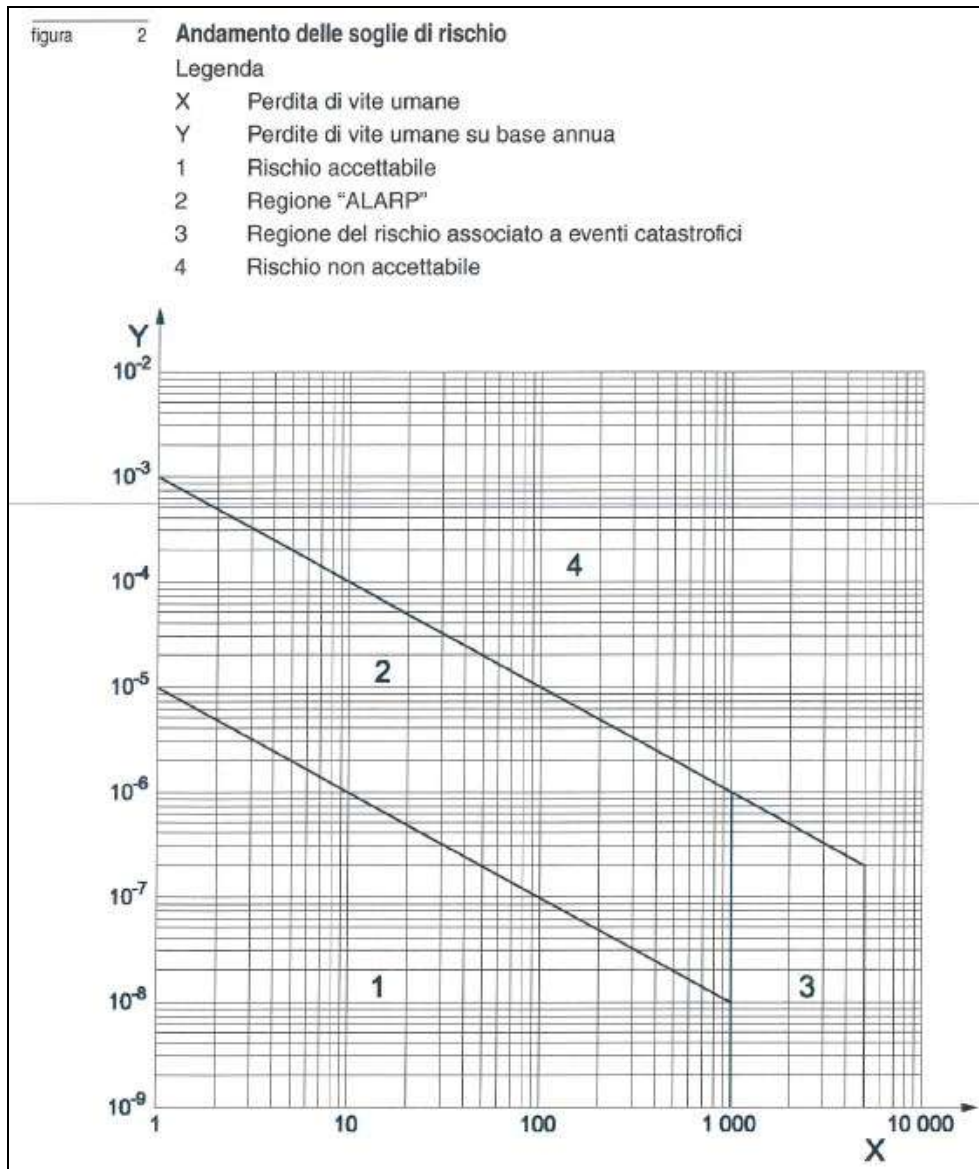
Il livello di riferimento per valutare l’alterazione delle condizioni di sicurezza è il rischio “naturale”, cioè quello a cui ogni individuo è esposto per il solo fatto di vivere a contatto con il mondo naturale. Nell’appendice E della *Norma UNI 11211:2012, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2: programma preliminare di intervento (aggiornata nel 2021)*, sono espresse delle considerazioni in merito al rischio individuale accettabile. In tale appendice viene detto che: “per i rischi involontari, il livello di rischio specifico considerato accettabile è dell’ordine di 10^{-6} morti/anno (e in ogni caso non maggiore di 10^{-5} morti/anno), mentre per quelli volontari (anche se legati al posto di lavoro) è più elevato ed è in genere compreso tra 10^{-4} e 10^{-3} morti/anno; per i rischi volontari connessi ad alcune attività sportive può salire fino a 10^{-2} morti/anno”.

Tabella 2. Valori di rischio individuale in ambito lavorativo (*Health and Safety Executive, UK, 1989*).

Rischio individuale	[morti /anno]
Rischio tollerabile da un lavoratore durante l’orario lavorativo, sul posto di lavoro	10^{-3}
Massimo rischio per un cittadino (non operaio) dovuto alla presenza di un impianto industriale non nucleare	10^{-4}
Massimo rischio per un cittadino (non operaio) dovuto alla presenza di un impianto industriale nucleare	10^{-5}
Livello di rischio accettabile - rischio naturale, non occorrono ulteriori miglioramenti.	10^{-6}

Tabella tratta dagli articoli sul metodo RO.MA

Nella nuova Norma UNI 11211:2021, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2 del luglio 2021, il livello di rischio presenta valori diversi. Il grafico che riporta i livelli di rischio “accettabile”, “tollerabile - ALARP” e “non accettabile”, per eventi idrogeologici, individua come accettabile quel livello di rischio individuale che non aumenta l’esposizione dell’individuo oltre l’ordine di grandezza 10^{-5} . È ritenuto tollerabile un livello di rischio RI compreso tra 10^{-5} e 10^{-3} morti (o “fatalità”) /anno. È ritenuto infine non accettabile un livello di rischio RI superiore ai valori compresi tra 10^{-2} e 10^{-3} morti/anno.



Norma UNI 11211:2021, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2 del luglio 2021

Nel grafico, sono rappresentate quindi le linee che marcano il confine tra accettabile, tollerabile e non accettabile: tra queste si ha una fascia denominata ALARP (As Low As Reasonably Possible). Si tratta della porzione del diagramma *frequenza di accadimento - numero di fatalità* entro la quale si applica l’analisi costi-benefici come criterio guida nell’assumere decisioni di gestione del rischio in presenza di incertezza. Si ammette quindi il principio che il trattamento del rischio non necessariamente lo elimina e che in alcuni casi un ulteriore abbassamento della probabilità non porta a nessun ulteriore beneficio, ma che ulteriori sforzi comporterebbero semplicemente uno spreco di risorse a causa dei vincoli di natura tecnologica o economica. La riduzione dei livelli di rischio, quando non conseguibile esclusivamente con interventi strutturali, può essere raggiunta anche

solamente con il concorso di misure tecniche, organizzative e procedurali. Nel grafico viene evidenziato anche il livello di rischio individuale rispetto a più addetti: se per una persona il livello individuale di rischio di 1,00E-05, per 10 persone lo stesso livello deve essere invece di 1,00E-06.

Con la nuova Norma UNI 11211:2021, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2 del luglio 2021, si è quindi espresso chiaramente il livello di rischio accettabile.

10.3 QUANTIFICAZIONE DEGLI ATTUALI LIVELLI DI RISCHIO

Il primo passo nella valutazione del rischio riguarda la valutazione della pericolosità intrinseca del sito. La valutazione della pericolosità intrinseca del sito è stata ricavata utilizzando il software di simulazione Rockyfor 3D e analizzando il raster di output "Reach probability". Nella "Reach probability" viene considerata la probabilità che un evento di caduta massi di qualsiasi intensità si verifichi in una data area. In altre parole, l'informazione ottenuta è di natura spaziale, totalmente svincolata da una probabilità annua di accadimento.

Come indicato, il valore di reach probability indica solamente la probabilità che un masso delle dimensioni del blocco di progetto raggiunga un determinato punto del sito di interesse, ma non dice nulla in merito alla frequenza con il quale si verifica l'evento di crollo.

10.4 ANALISI DEGLI EVENTI PREGRESSI

Come indicato nel capitolo dedicato agli eventi pregressi, il catasto dissesti non riporta eventi degni di nota: Sentendo quindi i proprietari e le maestranze che lavorano nel settore, per impostare l'analisi di rischio si è comunque cautelativamente considerato che si sono avuti 2 crolli con volumetria simile a quella di progetto nei 23 anni considerati (evento del 2000 rappresentato da una frana di scivolamento con trasporto anche di blocchi rocciosi).

Applicando la formulazione di De Biagi et al. (2017) e De Biagi (2017), che considera che precedentemente al primo crollo non è occorso alcun fenomeno degno di rilievo, è possibile stimare una durata corretta del periodo di osservazione.

$$t^* = \tau(C^*) = t + \frac{t}{2n^*}$$

Nello specifico, considerando che si sono verificati 2 eventi di crollo negli ultimi 23¹ anni, si ottiene, applicando la formula, una frequenza di accadimento di 0,07 eventi/anno.

FREQUENZA EVENTO			
formulazione di De Biagi et al. (2017) e De Biagi (2017)			
periodo di osservazione	t	23	anni
numero significativo di eventi nel periodo di osservazione	n*	2	eventi
durata corretta del periodo di osservazione	t*	28,75	anni
frequenza media di accadimento		14,375	anni
frequenza annua di accadimento	N _r	6,96E-02	eventi/anno

Non avendo uno storico degli eventi occorsi, la metodologia utilizzata è quella che permette di poter effettuare una analisi di rischio improntata comunque alla cautela. Attualmente non si hanno altre metodologie per valutare, senza dati, la frequenza annua di

¹ Il numero di eventi e di anni sono stati aggiornati rispetto all'analisi di rischio eseguita dal sottoscritto per l'impianto di recupero della medesima società redatta nel 2020, ovvero tre anni or sono

accadimento: si sottolinea comunque che in base ai dati degli incidenti in cave di pietrame valdostane negli ultimi 30 anni si sono registrati solamente pochi casi e comunque non legati a problematiche di tipo idrogeologico.

10.5 TEMPO DI ESPOSIZIONE

In base a quanto indicato dalla Committenza, la cava verrà coltivata saltuariamente e in base alle esigenze di materiale previste dal mercato. Si segnala che la cava è posta in prossimità della sede dell'azienda per cui non si hanno problemi di logistica e di trasferimento di mezzi e maestranze.

In cava si avranno principalmente due addetti: uno sull'escavatore cingolato e uno sulla pala gommata. Saltuariamente potrà essere presente anche un autocarro. In generale gli addetti saranno quasi sempre all'interno di mezzi.

In alcuni momenti, verrà utilizzato il filo diamantato: gli operatori effettueranno le perforazioni per far passare il filo e successivamente staranno lontani dai fronti per controllare il buon andamento del taglio. Alcune fasi della coltivazione prevedono infine che gli addetti stiano all'esterno per perforare i blocchi più grossi e per fare i successivi brillamenti.

In base a quanto riferito dall'impresa, si ipotizza cautelativamente che i due addetti saranno in cava per 6 ore al giorno per 5 giorni lavorativi settimanali su 20 settimane lavorative all'anno, il che ha per risultato un'esposizione effettiva al rischio calcolata in ore lavorative/anno pari a 600 ore annue di esposizione massima.

10.6 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Per la valutazione della pericolosità si è considerata una frequenza di accadimento di 0,07 eventi anno, con un blocco di progetto di 1 m³ (volume di progetto).

Dal punto di vista dell'analisi, non è detto che tutti i blocchi prodotti dal crollo di progetto raggiungano l'edificio della centrale. La probabilità Pa che un blocco lapideo del volume di progetto raggiunga un qualsiasi punto dell'area bersaglio è in genere inferiore alla probabilità di innesco Pc, ed è data dalla formula $P_a = (P_r | P_c)$ dove $P_a \leq P_c$.

Il valore della probabilità di transito Pr, è stata calcolata con il software Rockyfor e corrisponde al valore di Reach probability ricavato per ogni volumetria considerata, mentre la probabilità di innesco Pc è stata stimata applicando la formulazione di De Biagi et al. (2017) e De Biagi (2017).

La probabilità Pa, o probabilità di accadimento, è dunque una probabilità condizionata, che si esprime tramite la formula:

$$P_a = (P_r | P_c)$$

I dati di input, per i due diversi scenari di rischio, sono quindi i seguenti:

Dati di INPUT			
Probabilità di accadimento del crollo di progetto	(Pc)	eventi crollo/anno	6,96E-02
Blocco di progetto		mc	1,0

Tale approccio è stato effettuato per le principali probabilità di raggiungimento (0.1%, 0.2%, 1.0%, e 2.38%, valore massimo della Reach probability all'interno dell'area di cava) in modo tale da avere una valutazione spaziale della pericolosità.

Il livello di rischio è stato quindi analizzato per le diverse condizioni di lavoro all'interno dell'area di cava:

- addetto a piedi;
- addetto su mezzo (escavatore, pala gommata, camion).



Reach probability (curve di livello) – 1mc – dettaglio area di cava rilievo Geoform

10.6.1 Addetto a piedi

Valutazione della pericolosità - riferita al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,10%
Probabilità che un dato punto sia raggiunto da un blocco di progetto a seguito del crollo di progetto	P	eventi crollo/anno	
Probabilità di raggiungimento di un determinato punto da parte del blocco di progetto (indipendentemente dal crollo di progetto). Valore derivato dalla Reach probability detrerminata con il software Rockyfor 3D	Pr	%	1,00E-01
Probabilità che si verifichi il crollo di progetto	Pc	eventi/anno	6,96E-02
P (probabilità) = PrPc			6,96E-05

0,20%	1,00%	2,38%
2,00E-01	1,00E+00	2,38E+00
6,96E-02	6,96E-02	6,96E-02
1,39E-04	6,96E-04	1,66E-03

Pericolosità

10.6.2 Valutazione del rischio – Addetto a piedi

Il rischio al quale è sottoposto un singolo elemento al pericolo di caduta massi è calcolabile con la formula seguente:

$$R=P*V*E$$

La vulnerabilità per gli addetti a piedi così come la loro esposizione sono state poste pari a 1 e vengono assunte conservativamente come massime.

Valutazione rischio - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,10%
Rischio	R		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	eventi crollo/anno	6,96E-05
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Esposizione al pericolo	E		1,00E+00
R (rischio) = P*V*E			6,96E-05

0,20%	1,00%	2,38%
1,39E-04	6,96E-04	1,66E-03
1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
1,39E-04	6,96E-04	1,66E-03

Rischio

10.6.3 Valutazione del rischio effettivo – Addetto a piedi

Essendo la cava di pietrame un'attività stagionale e legata alle esigenze di approvvigionamento dei blocchi per scogliere e/o murature, si è infine eseguita la valutazione del rischio effettivo, considerando l'effettivo tempo di esposizione al rischio, derivante dall'attività lavorativa. Si è pertanto tenuto conto del numero di ore lavorative/anno: in base a quanto riferito dall'impresa si ipotizza cautelativamente 6 ore al giorno per 5 giorni lavorativi settimanali su 20 settimane lavorative all'anno, il che ha per risultato un'esposizione effettiva al rischio calcolata in ore lavorative/anno pari a 600 ore annue di esposizione massima.

Di seguito si riportano i dati utilizzati per realizzare la valutazione del rischio effettivo con i valori di Reach probability.

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 0,10%			
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	6,96E-05
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			4,76E-06

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 0,20%			
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	1,39E-04
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			9,53E-06

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 1,00%			
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	6,96E-04
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			4,76E-05

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 2,38%			
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	1,66E-03
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			1,13E-04

Rischio effettivo

10.6.4 Addetto sul mezzo

Valutazione della pericolosità - riferita al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,10%
Probabilità che un dato punto sia raggiunto da un blocco di progetto a seguito del crollo di progetto	P	eventi crollo/anno	
Probabilità di raggiungimento di un determinato punto da parte del blocco di progetto (indipendentemente dal crollo di progetto). Valore derivato dalla Reach probability determinata con il software Rockyfor 3D	Pr	%	1,00E-01
Probabilità che si verifichi il crollo di progetto	Pc	eventi/anno	6,96E-02
P (probabilità) = PrPc			6,96E-05

0,20%	1,00%	2,38%
2,00E-01	1,00E+00	2,38E+00
6,96E-02	6,96E-02	6,96E-02
1,39E-04	6,96E-04	1,66E-03

Pericolosità

10.6.5 Valutazione del rischio – Addetto sul mezzo

Il rischio al quale è sottoposto un singolo elemento al pericolo di caduta massi è calcolabile con la formula seguente:

$$R=P*V*E$$

In base ai dati INAIL e a quelli forniti dall'Ufficio Attività Estrattive della Regione Autonoma Valle d'Aosta le attività di cava hanno, rispetto ad altri comparti simili (edilizia, industria pesante, etc) una percentuale del totale degli incidenti con esito mortale abbastanza alta (1.8 % del totale degli incidenti. Il dato viene riferito ad una analisi effettuata tenendo in considerazione gli incidenti in cava nel settore di Massa Carrara dove si hanno numerosi fattori che amplificano il rischio quali la contemporaneità sul medesimo versante di molte cave, le pendenze anche sui piani di cava estremamente elevate, una viabilità critica sia in termini di traffico che di percorribilità, un utilizzo esasperato della risorsa). In Valle d'Aosta, invece, la mortalità nel comparto cave negli ultimi 25 anni è nulla. In base a tali presupposti si è assunto cautelativamente che la vulnerabilità dell'addetto sul mezzo sia pari a 0.6, mentre per quello a piedi di 1.0.

L'esposizione è stata invece considerata cautelativamente pari a 0.7 in quanto gli addetti sono all'interno dei mezzi d'opera per la maggior parte del tempo. Trattandosi di mezzi di grosse dimensioni, l'esposizione è comunque mitigata. Tale considerazione, sebbene molto cautelativa, trova riscontro anche nei dati INAIL dove la maggior parte degli incidenti mortali si ha per gli addetti fuori da un mezzo (in particolare a causa della frattura del cranio e della parete toracica).

Per gli addetti a piedi si è invece considerato un valore di 1.

Di seguito si riportano i dati utilizzati per realizzare la valutazione del rischio con i valori di Reach probability considerati.

Valutazione rischio - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,10%
Rischio	R		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	6,96E-05
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		6,00E-01
Esposizione al pericolo	E		7,00E-01
R (rischio) = P*V*E			2,92E-05

0,20%	1,00%	2,38%
1,39E-04	6,96E-04	1,66E-03
6,00E-01	6,00E-01	6,00E-01
7,00E-01	7,00E-01	7,00E-01
5,84E-05	2,92E-04	6,95E-04

Rischio

10.6.6 *Valutazione del rischio effettivo – Addetto sul mezzo*

Essendo la cava di pietraie un'attività stagionale e legata alle esigenze di approvvigionamento dei blocchi per scogliere e/o murature, si è infine eseguita la valutazione del rischio effettivo, considerando l'effettivo tempo di esposizione al rischio, derivante dall'attività lavorativa. Si è pertanto tenuto conto del numero di ore lavorative/anno: in base a quanto riferito dall'impresa si ipotizza cautelativamente 6 ore al giorno per 5 giorni lavorativi settimanali su 20 settimane lavorative all'anno, il che ha per risultato un'esposizione effettiva al rischio calcolata in ore lavorative/anno pari a 600 ore annue di esposizione massima.

Di seguito si riportano i dati utilizzati per realizzare la valutazione del rischio effettivo con i valori di Reach probability.

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,10%
Rischio effettivo	R _{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	2,92E-05
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		6,00E-01
Effettiva esposizione al pericolo	E _{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima		600	
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			1,20E-06

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			0,20%
Rischio effettivo	R _{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	5,84E-05
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		6,00E-01
Effettiva esposizione al pericolo	E _{eff}		6,85E-02
Ore annuali di esposizione massima		600	
R_{eff} (rischio effettivo) = P*V*E_{eff}			2,40E-06

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			1,00%
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	2,92E-04
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		6,00E-01
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
<i>Ore annuali di esposizione massima</i>	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = $P \cdot V \cdot E_{eff}$			1,20E-05

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a			2,38%
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	6,95E-04
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		6,00E-01
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,85E-02
<i>Ore annuali di esposizione massima</i>	600		
R_{eff} (rischio effettivo) = $P \cdot V \cdot E_{eff}$			2,86E-05
<i>Rischio effettivo</i>			

10.6.7 Opere di mitigazione da prevedere

Per quanto riguarda la coltivazione in oggetto, in base alle analisi eseguite si ritiene che il livello di rischio sia accettabile e, come meglio espresso nei paragrafi successivi, in linea con quanto previsto dalla normativa. Non sono pertanto da prevedere delle specifiche opere di mitigazione: si ritiene comunque necessario seguire le cautele generali riportate nelle conclusioni.

10.7 VALUTAZIONE DEL RISCHIO EFFETTIVO FINALE

Come riportato nei capitoli precedenti ed espresso nel grafico dell'andamento delle soglie di rischio della Norma UNI 11211:2021, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2 del luglio 2021, il livello individuale di rischio accettabile è di 1,00E-05: al di sopra di tale valore si devono adottare delle misure di riduzione del rischio che devono tenere conto di una analisi costi/benefici. La norma interviene anche a "tarare" il livello di rischio rispetto al numero di "vite umane" perse.

L'area di cava presenta un valore di rischio effettivo massimo di 1,13E-04, corrispondente all'evento con un volume pari a 1mc e con un individuo a piedi esposto.

Per avere una valutazione del rischio personale, associato alla situazione presente in corrispondenza dell'area di cava si è cautelativamente considerato l'evento più critico dovuto all'impatto di un blocco contro un operaio con la morte dello stesso.

Scenari più catastrofici sono difficilmente ipotizzabili, tenuto conto che il blocco da 1 mc dovrebbe colpire contemporaneamente tutti i lavoratori e causarne il decesso.

Relativamente all'addetto sul mezzo meccanico, il rischio effettivo finale massimo è ridotto e pari a 2,86E-05.

10.7.1 Addetto a piedi

Prendendo il valore del rischio individuale massimo di $1.313E-04$, corrispondente all'evento ragionevolmente più critico, si è individuata la soglia di accettabilità corrispondente a 1 persona.

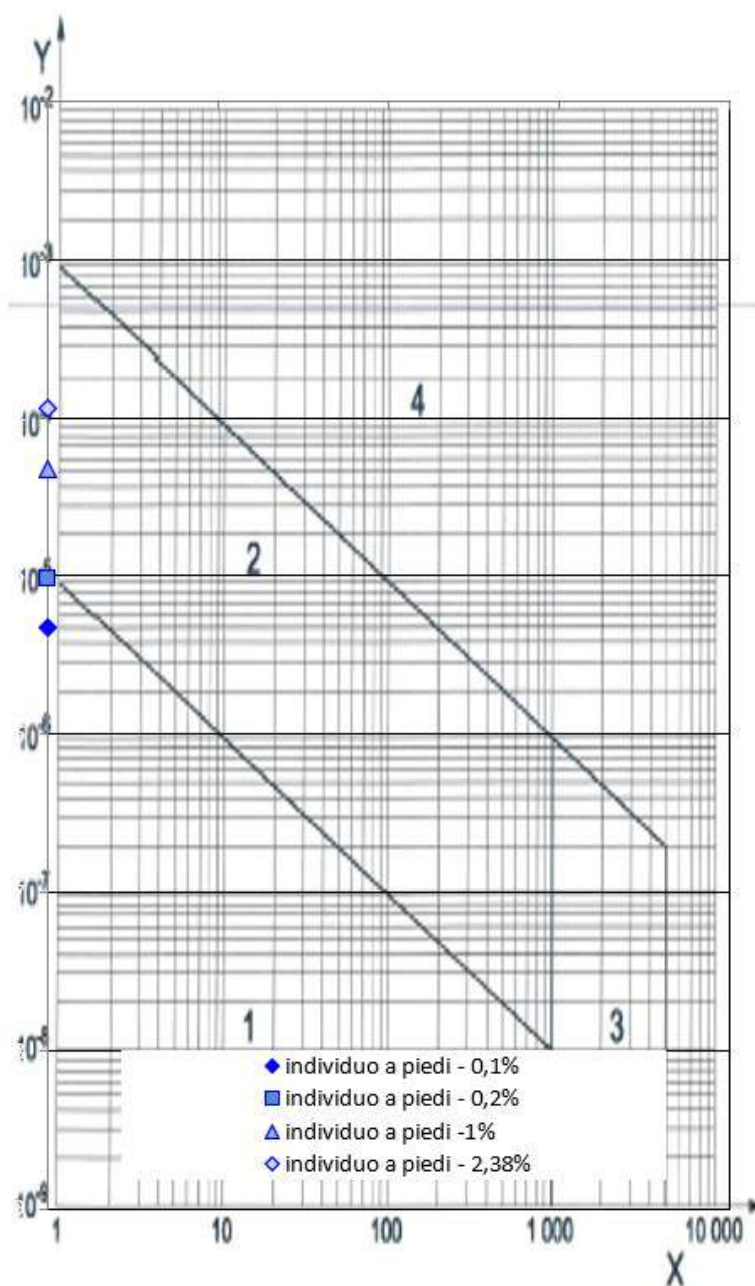
Si sono quindi inseriti i dati ricavati nel grafico riportato nella Norma UNI 11211:2021. Come si evince dal grafico, la perdita di un individuo rientra nel rischio accettabile per i valori di reach probability pari a 0,1 e 0,2%, e non sono da prevedere opere di mitigazione.

La perdita di un individuo, per quanto riguarda i valori di reach probability pari a 1 e 2,38 %, rientrano nel rischio tollerabile (Zona 2 "ALARP").

figura 2 Andamento delle soglie di rischio

Legenda

- X Perdita di vite umane
- Y Perdite di vite umane su base annua
- 1 Rischio accettabile
- 2 Regione "ALARP"
- 3 Regione del rischio associato a eventi catastrofici
- 4 Rischio non accettabile



Norma UNI 11211:2021, Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2 del luglio 2021.

Quando i valori di rischio effettivo rientrano nella fascia denominata ALARP (As Low As Reasonably Possible) si devono prevedere delle opere di mitigazione sostenibili sia dal punto di vista gestionale che economico. La riduzione dei livelli di rischio, quando non conseguibile esclusivamente con interventi strutturali perché economicamente insostenibili, può essere raggiunta anche solamente con il concorso di misure tecniche, organizzative e procedurali.

Nel caso in esame, si ritiene di poter ridurre il rischio riducendo, nelle zone maggiormente a rischio e caratterizzate da una reach probability pari a 1 e 2,38%, le ore di esposizione effettive annue al rischio.

Di seguito si riportano i dati utilizzati per realizzare la valutazione del rischio effettivo con i valori di Reach probability con indicazione delle ore effettive di esposizione annua massime al fine di portare il valore di rischio a $1,00E-05$.

Ne deriva che l'addetto ai piedi non deve lavorare e stazionare per più di 53 ore annue nel limitato settore con Reach probability pari a 2,38%, nonché 126 ore annue nell'areale con Reach probability compresa tra 1% e 2%.

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 1,00%			1,00%
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	6,96E-04
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		1,44E-02
Ore annuali di esposizione massima	126		
$R_{eff} \text{ (rischio effettivo)} = P * V * E_{eff}$			1,00E-05

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 2,38%			2,38%
Rischio effettivo	R_{eff}		
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>	1,66E-03
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V		1,00E+00
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}		6,05E-03
Ore annuali di esposizione massima	53		
$R_{eff} \text{ (rischio effettivo)} = P * V * E_{eff}$			1,00E-05

Di seguito si riporta la planimetria su ortofoto con l'indicazione delle ore annuali massime di lavoro/stazionamento riferite alle due Reach probability più alte.



Reach probability (curve di livello) – 1mc – dettaglio area di cava con indicate le ore annue di esposizione massima per un individuo a piedi

10.7.2 Addetto sul mezzo

Prendendo il valore del rischio individuale massimo di $2.86E-05$, corrispondente all'evento ragionevolmente più critico, si è individuata la soglia di accettabilità corrispondente a 1 persona.

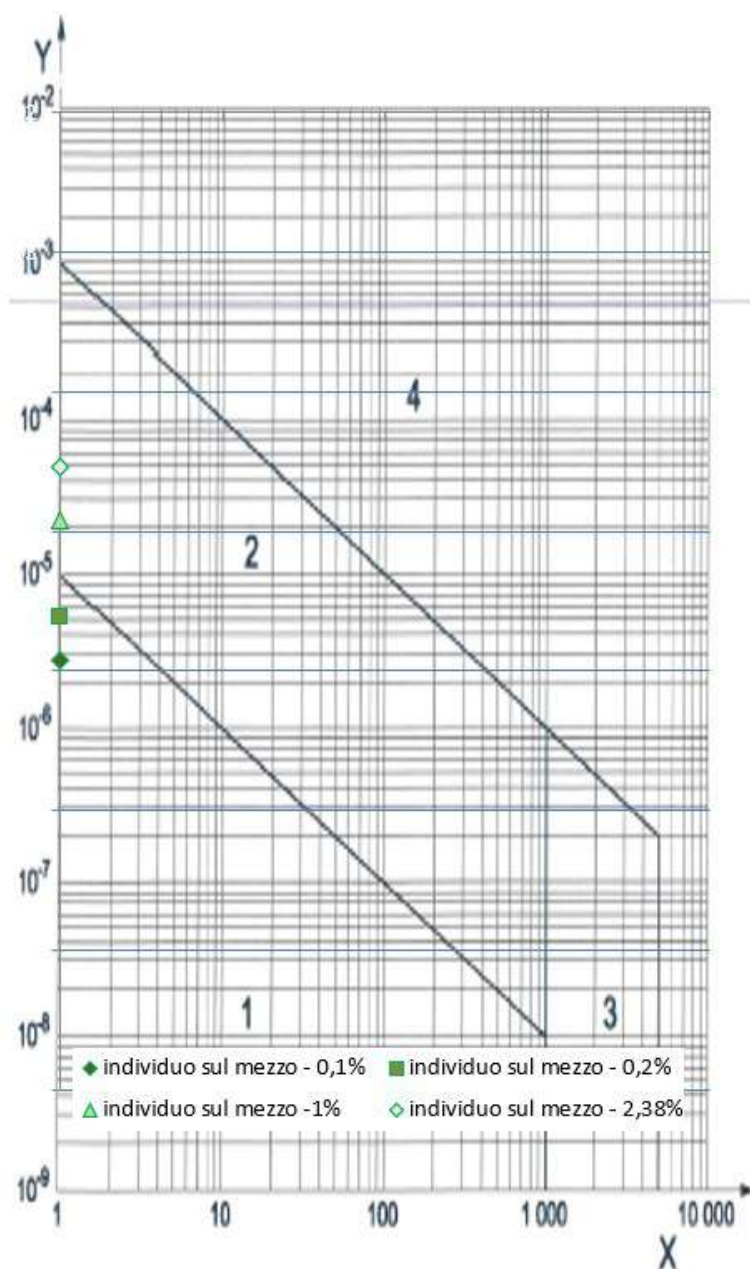
Si sono quindi inseriti i dati ricavati nel grafico riportato nella Norma UNI 11211:2021. Come si evince dal grafico, la perdita di un individuo rientra nel rischio accettabile per i valori di reach probability pari a 0,1 e 0,2%, e non sono da prevedere opere di mitigazione.

La perdita di un individuo, per quanto riguarda i valori di reach probability pari a 1 e 2,38 %, rientrano nel rischio tollerabile (Zona 2 "ALARP")

figura 2 Andamento delle soglie di rischio

Legenda

- X Perdita di vite umane
- Y Perdite di vite umane su base annua
- 1 Rischio accettabile
- 2 Regione "ALARP"
- 3 Regione del rischio associato a eventi catastrofici
- 4 Rischio non accettabile



Quando i valori di rischio effettivo rientrano nella fascia denominata ALARP (As Low As Reasonably Possible) si devono prevedere delle opere di mitigazione sostenibili sia dal punto di vista gestionale che economico. La riduzione dei livelli di rischio, quando non conseguibile esclusivamente con interventi strutturali perché economicamente insostenibili, può essere raggiunta anche solamente con il concorso di misure tecniche, organizzative e procedurali.

Nel caso in esame, si ritiene di poter ridurre il rischio riducendo, nelle zone maggiormente a rischio e caratterizzate da una reach probability pari a 1 e 2,38%, le ore di esposizione effettive annue al rischio.

Di seguito si riportano i dati utilizzati per realizzare la valutazione del rischio effettivo con i valori di Reach probability con indicazione delle ore effettive di esposizione annua massime al fine di portare il valore di rischio a 1,00E-05.

Ne deriva che l'addetto sul mezzo non deve lavorare e stazionare per più di 210 ore annue nel limitato settore con Reach probability pari a 2,38%, nonché 500 ore annue nell'areale con Reach probability compresa tra 1% e 2%.

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 1,00%		
Rischio effettivo	R_{eff}	
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V	
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}	
Ore annuali di esposizione massima	500	
$R_{eff} \text{ (rischio effettivo)} = P * V * E_{eff}$		
		1,00E-05

Valutazione rischio effettivo - riferito al valore derivato dalla Reach probability pari a 2,38%		
Rischio effettivo	R_{eff}	
Probabilità di accadimento dell'evento che genera il pericolo	P	<i>eventi crollo/anno</i>
Vulnerabilità dell'individuo o del bene esposto	V	
Effettiva esposizione al pericolo	E_{eff}	
Ore annuali di esposizione massima	210	
$R_{eff} \text{ (rischio effettivo)} = P * V * E_{eff}$		
		1,00E-05

Di seguito si riporta la planimetria su ortofoto con l'indicazione delle ore annuali massime di lavoro/stazionamento riferite alle due Reach probability più alte.



Reach probability (curve di livello) – 1mc – dettaglio area di cava con indicate le ore annue di esposizione massima per un individuo sul mezzo

10.8 CONCLUSIONI

Per ridurre la pericolosità dell'area è necessario seguire le seguenti cautele generali:

- lavorare e sostare nel rispetto delle ore di esposizione massime calcolate per ogni settore della cava al capitolo precedente;
- posizionare i piazzali per i mezzi e gli eventuali baraccamenti nelle aree con rischio basso (Reach probability <1.0%);
- prevedere gli eventuali depositi temporanei nel settore meridionale della cava (areale con la Reach probability maggiore);
- usare macchinari con cabine protette e blindate;
- vietare l'accesso al cantiere tenendo conto di quanto riportato nel bollettino di criticità alla pagina web http://cf.regione.vda.it/allerte_meteo.php in considerazione del fatto che le problematiche del settore sono riferite a crolli di blocchi che si possono innescare anche in situazioni di "Assenza di fenomeni significativi prevedibili" (livello verde) con segnalazione di temporali;
- prevedere un piano di gestione dell'accesso al cantiere nel quale vengano riportate tutte le operazioni per evitare e/o scongiurare il coinvolgimento delle maestranze e dei mezzi. Nello specifico, nel piano di emergenza dovranno essere individuati i soggetti addetti al controllo ed al richiamo delle maestranze presenti. Tale piano dovrà tenere conto di quanto riportato nel bollettino di criticità alla pagina web http://cf.regione.vda.it/allerte_meteo.php in considerazione del fatto che le problematiche del settore sono riferite a crolli che si possono innescare anche in situazioni di "Assenza di fenomeni significativi prevedibili" (livello verde) con segnalazione di temporali;
- rifare le valutazioni di rischio a seguito di eventi di caduta massi che dovessero compromettere la rada copertura arborea presente a monte.

In riferimento a quanto sopra riportato e tenuto conto delle cautele generali sopra riportate, si può affermare che i livelli di rischio, rientrano nella soglia di accettabilità prevista dalla Norma UNI 11211:2021.

11. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

La scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici avviene in due fasi.

La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali. Tale scelta richiede una valutazione specifica da parte del progettista, per il necessario riferimento ai diversi tipi di verifica. Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri. Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità, o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali (*“costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”* – Cap. 6.2.2. DM 14/01/08).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ci si è basati essenzialmente sull'analisi dei tagli artificiali e naturali: in tal modo si è potuto ricostruire la stratigrafia dell'area, utilizzando poi le caratteristiche tipiche dei terreni incontrati attribuendone dei valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe.

Come indicato precedentemente, tendenzialmente i settori oggetto degli interventi sono caratterizzati essenzialmente dalla presenza del substrato affiorante e/o subaffiorante con plaghe di terreno di riporto e/o rimaneggiato, nonché di depositi detritico colluviali. In considerazione della natura decisamente eterogenea dei depositi sciolti, risulta comunque piuttosto problematico individuare dei valori precisi per i loro parametri geotecnici. In ogni caso, in sede di calcolo, si è tenuto conto dei valori seguenti, che hanno evidentemente il significato di un'indicazione media.

➤ Unità geotecnica 1: roccia

Parametro considerato		valore min	valore max	valore medio
<i>Peso specifico</i>	<i>t/m³</i>	2,6	2,8	2,7
<i>Coesione</i>	<i>kPa</i>	4500	4900	4700
<i>Angolo attrito</i>	<i>°</i>	20	23	21,5

➤ Unità geotecnica 2: depositi detritico-colluviale

Parametro considerato		valore min	valore max	valore medio
<i>Peso specifico</i>	<i>t/m³</i>	1,7	1,9	1,8
<i>Coesione</i>	<i>kPa</i>	0	2	1
<i>Angolo attrito</i>	<i>°</i>	34	36	35,0

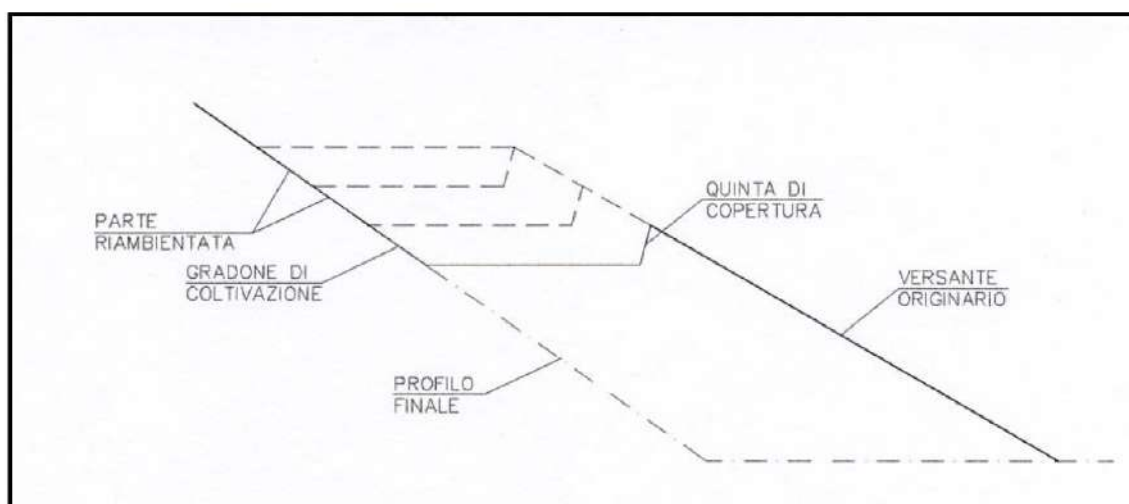
➤ Unità geotecnica 3: materiale di risulta

Parametro considerato		valore min	valore max	valore medio
<i>Peso specifico</i>	<i>t/m³</i>	1,8	2	1,9
<i>Coesione</i>	<i>kPa</i>	0	0	0
<i>Angolo attrito</i>	<i>°</i>	35	39	37,0

12. VERIFICHE DI CADUTA MASSI NELLA FASE DI RECUPERO AMBIENTALE

12.1 PREMESSA

Come già descritto nei capitoli precedenti, le verifiche intermedie in fase di coltivazione diventano meno critiche, in quanto i fronti di coltivazione si abbassano e arretrano verso monte; inoltre, a valle del fronte si viene a creare un ampio ripiano in roccia che garantisce l'arresto dei blocchi provenienti da monte e di quelli che si potrebbero distaccare dal fronte di coltivazione. La modalità di coltivazione adottata per la cava in oggetto risulta essere del tipo "a gradoni per trincee orizzontali discendenti" con quinta di copertura. Il metodo consiste nell'asportazione di "fette" di materiale procedendo dall'alto verso il basso, lasciando sempre sul bordo esterno una quinta in roccia di copertura e di sicurezza sia per le maestranze che per le eventuali attività sottostanti. Il progetto prevede la coltivazione dapprima della parte alta della cava e, una volta realizzato il piazzale intermedio, successivamente di quella bassa. Come indicato, per garantire un adeguato livello di sicurezza, si ritiene indispensabile lasciare una quinta in roccia di copertura lungo tutto il perimetro di valle della cava.



Schema di avanzamento coltivazione

Dal punto di vista tecnico, la simulazione 3D permette di avere un'analisi di dettaglio degli eventuali blocchi che si possono distaccare dai fronti di cava e dalle falesie poste nelle vicinanze: si è ritenuto di non eseguire le simulazioni in fase di coltivazione (fasi intermedie) e di recupero in quanto la modifica del DTM, su areali così contenuti, non garantisce l'affidabilità del dato ottenuto. Inoltre, la modifica del DTM con la creazione di ripiani risulta tecnicamente molto difficoltosa e rischia di creare delle morfologie fittizie e non corrispondenti alla reale condizione di progetto.

Pertanto, sono state realizzate due verifiche di caduta massi 2D con il software RocFall nella configurazione di recupero finale della cava.

12.2 ANALISI TRAIETTOGRAFICHE

Al fine di individuare le traiettorie, le distanze e l'energia dei massi che possono cadere lungo il settore oggetto di coltivazione, è stata eseguita una serie di verifiche di rotolamento, con l'ausilio di un apposito software (Rockfall - Rocscience Inc.) che riguardano in particolare la sezione 6 e la sezione 6 allungata fino alle aree sorgenti della simulazione di caduta massi con il software Rockyfor 3D presenti a monte, ritenute quelle più significative e critiche.

La simulazione è stata condotta con i seguenti parametri e coefficienti:

Materials

Material name: Soil with vegetation [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.3 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.8 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Roccia

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.5 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.9 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Pista

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.3 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.8 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=0

Material name: Detrito boscato

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.35 std dev=0.04
Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.74 std dev=0.04
Friction Angle: mean=30 std dev=2
Roughness: std dev=10

- Topografia: le sezioni di simulazione sono state ricavate dagli elaborati di progetto nella condizione finale di recupero ambientale.
- Tipologia dei massi: materiale litoide con peso di volume pari a 2700 kg/m^3 , modulo di elasticità pari a 1000 kg/cm^2 . Sono stati ipotizzati blocchi di 1 m^3 di dimensioni (in considerazione dell'assetto strutturale e dei volumi rilevati in parete).
- Numero di lanci: sono state simulate le discese relative a 5.000 lanci per ogni punto di analisi
- Traiettorie di discesa: sono state simulate ipotizzando che i massi partano sia dal versante (sezione 6 lunga) che dai fronti di coltivazione (sezione 6 corta).
- Per quanto riguarda i valori di rugosità, il programma determina la stessa come la deviazione standard angolare rispetto all'inclinazione del segmento di pendio considerato. Nei "parametri e coefficienti" riportati per ogni sezione è in effetti presente il parametro "roughness" espresso come deviazione standard. Nei calcoli sono stati utilizzati i dati bibliografici riportati dal programma ed inseriti in relazione (Tabella 1). Di seguito si riporta la definizione di tale parametro presente nel programma:

The Slope Roughness, as defined in ROCFALL, is the standard deviation (in degrees) of a slope segment angle. For example, if the user enters a Slope Roughness of 3 degrees, then this will define a normal distribution with a standard deviation of 3 degrees around the mean slope segment angle. Each time a rock impacts a slope segment with a non-zero Slope Roughness, then the actual slope angle used in the ROCFALL calculations will be the result of sampling the normal distribution for that slope segment.

- Relativamente al valore di energia massima pre-impatto del masso, il programma scelto per le simulazioni, utilizzato da molte università italiane ed estere e riconosciuto a livello mondiale come ottimo software per l'elaborazione di caduta massi, riporta l'andamento dell'energia cinetica totale su un grafico apposito "Total Kinetic Energy Envelope", allegato ad ogni traiettografia eseguita.
- I valori delle energie riportati nei grafici sono riferiti a quelle che vengono registrate ai collettori posizionati sui profili.
- La forma dei blocchi utilizzata nel programma di simulazione è quella di un blocco puntiforme in quanto, come si evince dalla finestra relativa ai dati di input sotto riportata, non viene richiesta la forma, bensì solamente la massa.

	Mean	Std Dev.
Horizontal velocity [m/s]	0.1	0
Vertical velocity [m/s]	0.1	0
Mass [Kg]	2700	0
Angular Velocity [rad/s]	0	0

Di seguito si riporta la tabella fornita da Rocscience per i coefficienti di restituzione da utilizzare nelle verifiche.

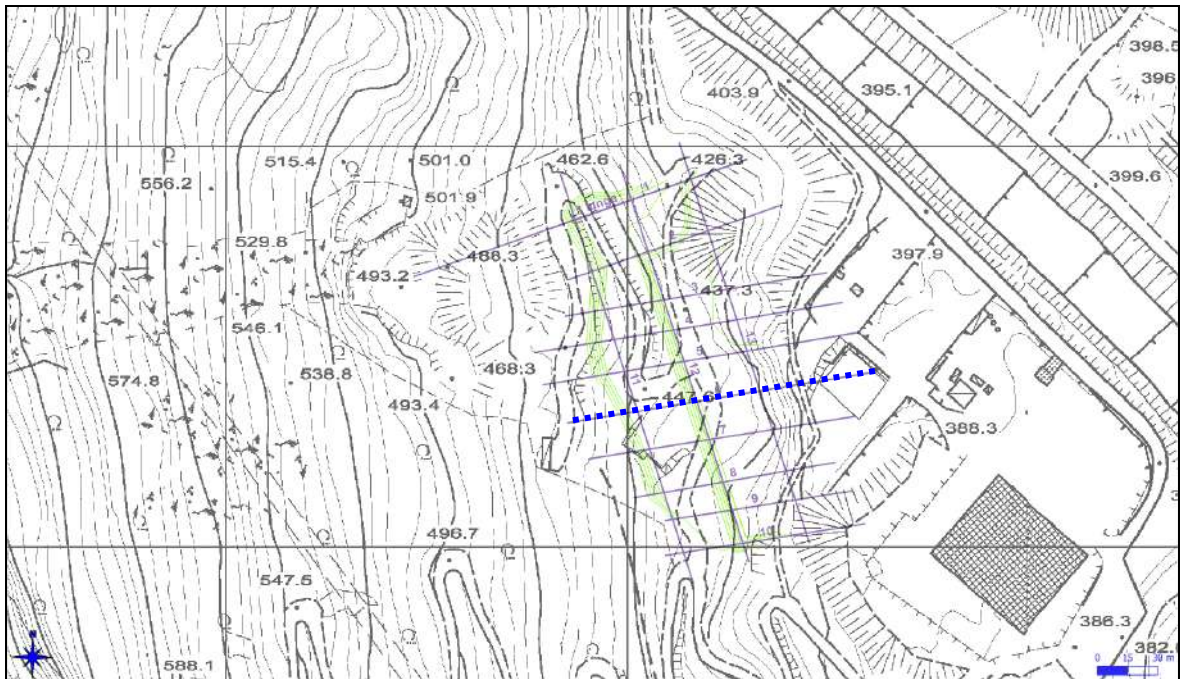
Roscoe Coefficient of Restitution Table											
RN (Normal)			RT (Tangential)			Type	Verification	Location	Reference		
Min	Max	Mean	Standard Deviation	Min	Max					Mean	Standard Deviation
0.370	0.420			0.870	0.820			Glenwood Canyon, Colorado, USA	Fleffen, T.J. and Bowen, T.D., "Computer Simulation of Rockfalls," Bulletin of Association of Engineering Geologists Vol. 25, No. 1, 1989, pp.135-140		
0.330	0.370			0.830	0.870						
0.330	0.330			0.830	0.870			Talus with little vegetation			
0.330	0.330			0.830	0.830						
0.280	0.320			0.900	0.830			Soft soil slope with little vegetation			
0.280	0.320			0.780	0.820						
		0.915	0.094			0.712	0.110	Limestone face	Tested on reclamation-blasting slopes made of four types of materials; blast-generated rock fragments, partially vegetated some on berms, unexcavated blast piles, and vegetated quarry waste.	Limestone quarry in England	Robotham, M.E. and Wang, H. and Walton, G., "Assessment of risk from rockfall from active and abandoned quarry slopes," Institution of Mining and Metallurgy, Section 4, 1005, 104(Jan-April), pp.425-433
		0.903	0.080			0.515	0.170				
		0.915	0.094			0.712	0.110	Unexcavated limestone blast pile			
		0.251	0.026			0.459	0.141				
		0.275	0.079			0.835	0.097	Vegetated limestone pile		Chalk quarry in England	
		0.271	0.018			0.500	0.097				
		0.384	0.138			0.587	0.130	Wood platform slope at 45 degrees was used as a control for the field tests they did	Tested as control parameters	Western North Carolina for Interstate 41	Wu, She-Shin "Rockfall evaluation by computer simulation" Transportation Research Records Vol. 1031 pp.1-5, 1985
		0.200				0.230					
		0.100				0.200		Dolomitic limestone boulders on rocky surfaces and on talus deposits	Consisted of hand made throws and free fall tests by fragmentation of rock using explosives, of dolomitic limestone boulders on rocky surfaces and on talus deposit of the landslide fans. Also used back-analysis, and information from Urcuati.	Abruzzo, Campania, Southern Italy	Bukato, P., and Sante, A., "Microstructural evolution and related kinematics of rockfalls in Campalagobium Italy," Engineering Geology, Vol.36 pp167-210
		0.000				0.240					
		0.320				0.587		Soil	Tested by dropping 3 to 5 cm cuboid and angular granitic rock fragments onto slopes	Hong Kong	Chen, C.T. and Wong, P.H.C., and Lee, C.P. "Rockfall Problems in Hong Kong and some new experimental results for coefficients of Restitution" International Journal of rock mechanics and mining sciences and geomechanics Vol. 35, Section 4-2, 1998, pp602-603
		0.453				0.737					
		0.487				0.210		Rock slope			
		0.350				0.450					
		0.350				0.850		Bedrock	Referenced from tests carried out by Barberi et al.	Reference works at Castelnuovo di Stabia/northern slope of the Sorrentine	Giari, G.P. "Rock Slope Stability Analysis" Rediceam, Balkema 1992
		0.300				0.700					
		0.350				0.550		Dolite formed by uniform distributed elements			
		0.350				0.550					
		0.350				0.800		Soil covered by vegetation			
		0.830				0.800					
		0.400				0.600		Clean hard bedrock			Hoek, Evert, "Unpublished notes" NSERC Industrial Research Professor of Rock Engineering, Department of Civil Engineering, University of Toronto, St George Street, Toronto, Ontario, Canada M5S 1A4
		0.350				0.600					
		0.330				0.800		Asphalt roadway			
		0.350				0.600					
		0.330				0.800		Bedrock surface with hard surface, large boulders			
		0.330				0.800					
		0.330				0.800		Talus cover			
		0.330				0.800					
		0.330				0.800		Talus cover with vegetation			
		0.330				0.800					
		0.330				0.800		Soft soil, some vegetation			
		0.370	0.420								
		0.330	0.370					Smooth hard surfaces and paving	Developed by observation and literature review	Colorado, USA	Fleffen, T.J., and Higgins, J.D., "Rockfall Hazard Analysis Using the Colorado Rockfall Simulation," Transportation Research Record 1288, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990, pp.117-126
		0.330	0.330								
		0.330	0.330					Most bedrock and boulder fields			
		0.330	0.330								
		0.870	0.820					Soft soil slopes			
		0.890	0.870								
		0.830	0.860					Smooth hard surfaces such as pavement or smooth bedrock			
		0.830	0.830								
		0.830	0.830					Most bedrock surfaces and talus with no vegetation			
		0.830	0.830								
		0.830	0.830					Most talus slopes with some low vegetation			
		0.830	0.830								
		0.830	0.830					Vegetated talus slopes and soil slopes with sparse vegetation			
		0.790	0.820								
		0.830	0.840			0.800	0.040	Clean hard bedrock	a) rolled many rocks down the slope to verify used values b) comparison to historical rockfall events at site	Mountain road, near Bolzano, South Tyrol, Italy	feedback from user of RocFall version 3
		0.390	0.040			0.850	0.040				
		0.390	0.040			0.850	0.040	Bedrock outcrop			
		0.390	0.040			0.850	0.040				
		0.390	0.040			0.850	0.040	Talus with vegetation			
		0.400	0.040			0.800	0.040				
		0.400	0.040			0.800	0.040	Asphalt paving			
		0.400	0.040			0.800	0.040				
		0.400	0.040			0.800	0.040	Clean hard bedrock	default program values used	170m deep open pit, Tasmania, Australia (overall pit angle between 66 and 68 degrees)	feedback from user of RocFall version 3
		0.390	0.040			0.850	0.040				
		0.480	0.100			0.730	0.170	Concrete	inverse calculation of paths - standard deviations assumed to large	Takamatsu, Japan	feedback from user of RocFall version 3
		0.470	0.000			0.750	0.000				
		0.480	0.000			0.750	0.000	Weathered Rock	inverse calculation of paths, roughness of 7.8 degrees for concrete, 9.3 for rock		
		0.480	0.000			0.750	0.000				
		0.480	0.000			0.750	0.000	Concrete	inverse calculation of paths		
		0.480	0.000			0.750	0.000				
		0.480	0.000			0.750	0.000	Weathered Rock			
		0.480	0.000			0.750	0.000				
		0.830	0.040			0.800	0.040	Bedrock	Estimation, block diameters 10 to 50 cm	Florid valley, State of Sogn og Fjordane, Norway	feedback from user of RocFall version 3
		0.830	0.000			0.750	0.000				
		0.830	0.000			0.850	0.000	Bioshield with bushes and small trees			
		0.830	0.000			0.850	0.000				
		0.830	0.000			0.850	0.000	Bioshield with forest			
		0.830	0.000			0.850	0.000				
		0.830	0.000			0.850	0.000	Top-soil with vegetation			
		0.830	0.000			0.850	0.000				
		0.830	0.000			0.850	0.000	Asphalt paving			
		0.830	0.000			0.850	0.000				
		0.830	0.000			0.850	0.000	Gravel road			
		0.830	0.000			0.850	0.000				
		0.800				0.800		Slightly bedrock slope is covered by a veneer of very fine weathered talus derived from small shaly units underlying the limestone cap	Calculated from historic rockfall	Surrey, (interior of) British Columbia, Canada	Harg, G. and Evans, S.G. 1988, Engineering evaluation of fragmental rockfall hazards, Proc. 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, July 1988, Vol. 1, pp. 695-690.
		0.800				0.800					
		0.800				0.800		Limestone on bare uniform talus slope formed of basin fragments with a modal size of 5 cm	Calculated from historic rockfall	Hedley, (southern interior of) British Columbia, Canada	
		0.700				0.800					
		0.700				0.800		rectangular boulder of metamorphosed tuff on bare rock and a steep snow covered shelf	Calculated from historic rockfall	Squamish Highway, north of Vancouver British Columbia, Canada	
		0.700				0.800					

Tabella 1

Di seguito si riportano le planimetrie con riportate le sezioni di verifica utilizzate nelle simulazioni.

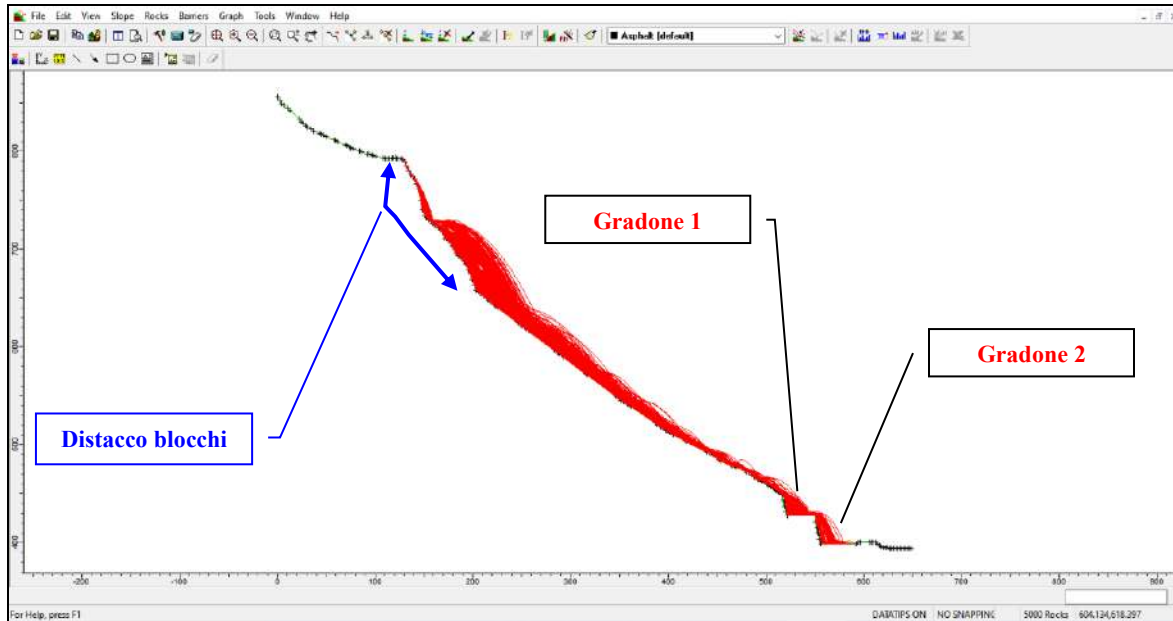


Planimetria delle sezioni (in blu) utilizzate per le simulazioni: sezione 6 lunga

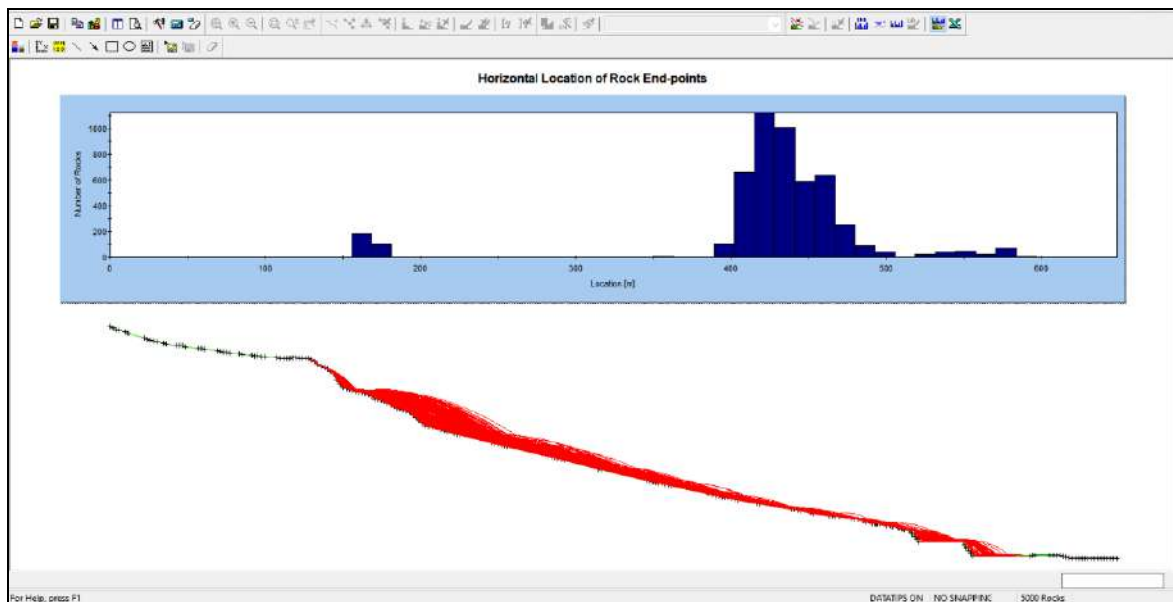


Planimetria delle sezioni (in blu) utilizzate per le simulazioni: sezione 6 corta

12.2.1 Sezione 6 lunga – 1 mc

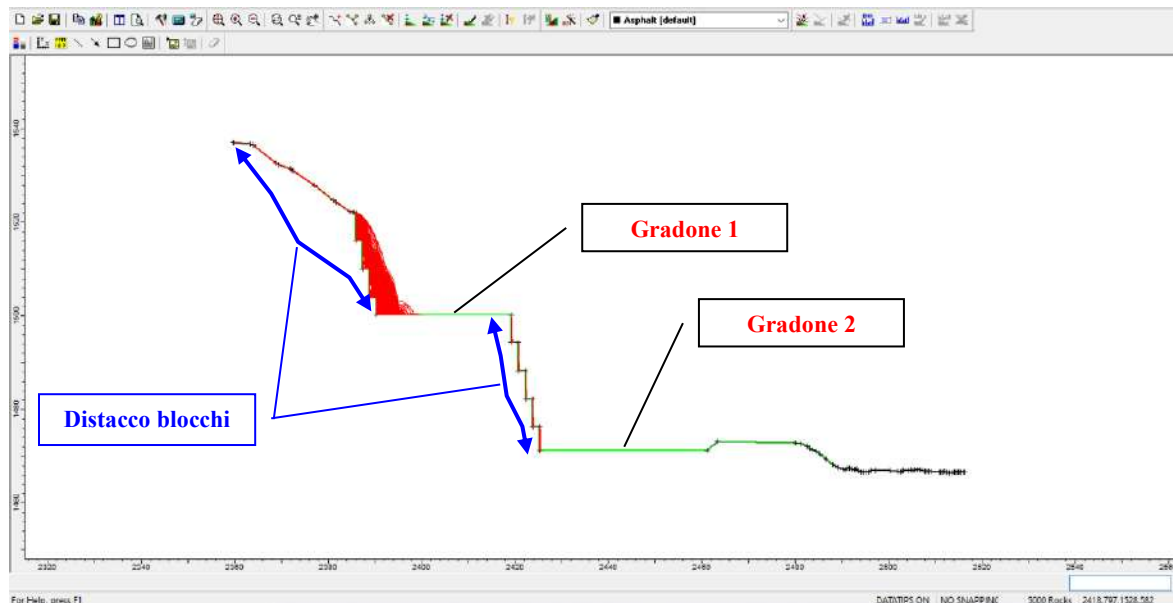


Risultato traiettografico (5000 lanci)

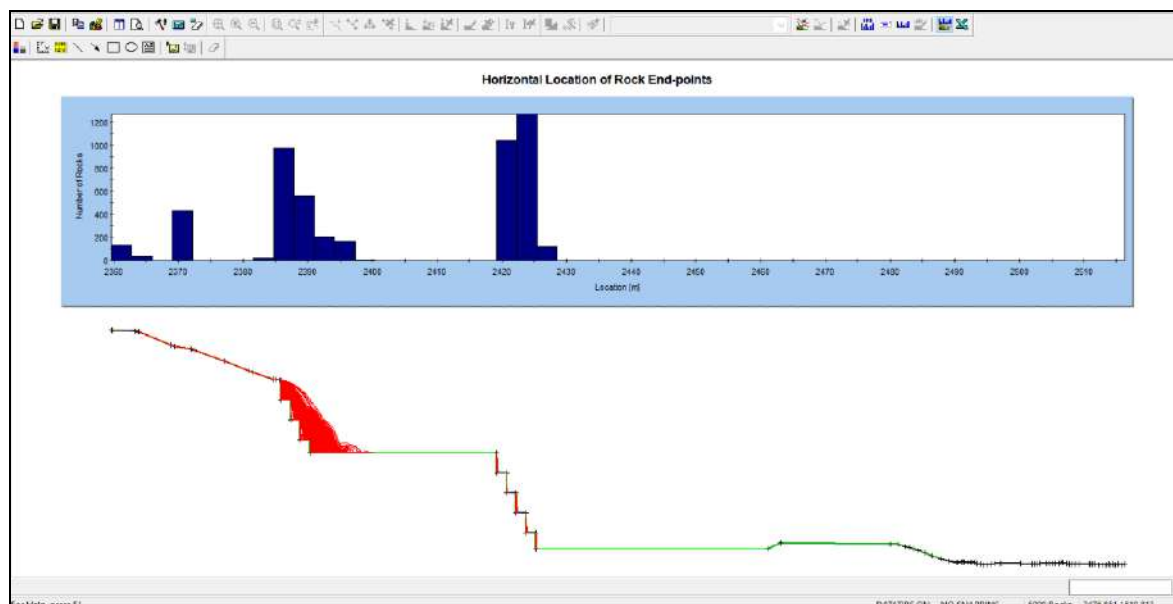


Distanza di arresto (n° massi)

12.2.2 Sezione 6 corta - 1 mc



Risultato traiettografico (5000 lanci)



Distanza di arresto (n° massi)

12.3 CONCLUSIONI DELLE TRAIETTOGRAFIE

Le verifiche traiettografiche evidenziano che nella fase finale di recupero ambientale i blocchi non superano mai i piazzali di cava, sia con i blocchi che giungono da monte, sia con quelli che si possono distaccare dalle pareti coltivate.

Si evidenzia che le verifiche traiettografiche sono state eseguite per valutare eventuali interazioni tra la cava e le attività poste a valle, per cui si è imposto come aree sorgenti il ciglio dei fronti di coltivazione. Dal momento che la coltivazione adatterà tutte le cautele per scongiurare possibili crolli, si tratta di una forzatura che non deve essere utilizzata per la definizione del livello di rischio. La coltivazione prevede infatti che i fronti di coltivazione siano disgiunti, controllati al termine di ogni lavorazione e tenuti costantemente in sicurezza. Per quanto riguarda le falesie presenti a monte è stata redatta un'analisi di rischio riportata nei capitoli precedenti.

13. VERIFICHE DI STABILITÀ CON IL SOFTWARE SLIDE - ROCSCIENCE INC.

13.1 PREMESSE

Conseguentemente ai principi generali enunciati nelle NTC, la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite nella tabella sottostante:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU): $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili: $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili: $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine: $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E: $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$	[2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A: $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$	[2.5.6]
Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:	
$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$	[2.5.7]

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Fatte salve tutte le prescrizioni fornite nelle NTC, la tabella sottostante riporta i valori dei coefficienti parziali γ_F da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti γ_F riportati nella colonna EQU della tabella.

Per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si eseguono adottando i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della tabella.

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

Nell'Approccio 1, le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (γ_F), per la resistenza dei materiali (γ_M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (γ_R). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della tabella. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2. In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale, sia per quello geotecnico, si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (γ_F), per la resistenza dei materiali (γ_M) e, eventualmente, per la resistenza globale (γ_R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Dove:

γ_{G1}	coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;
γ_{G2}	coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;
γ_Q	coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

14. VERIFICHE DI STABILITÀ: VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate nel capitolo precedente.

14.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, $E_{stb,d}$ è il valore di progetto dell'azione stabilizzante.

La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori γF riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad e \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico definito dalla relazione:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle relazioni precedenti rispettivamente in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k/γ_M e dei parametri geometrici di progetto a_d . Il coefficiente parziale di sicurezza γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla relazione sopra riportata con $\gamma_E = \gamma_F$.

In accordo a quanto stabilito precedentemente, la verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Per le verifiche nei confronti di stati limite ultimi non espressamente trattati nei paragrafi delle NTC, si utilizza l'Approccio 1 con le due combinazioni (A1+M1+R1) e (A2+M2+R2). I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

14.1.1 Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella tabella sottostante:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_F)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

14.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi delle NTC relativi a ciascun tipo di opera;

sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi delle NTC relativi a ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali. Il valore di progetto della resistenza si ottiene, per il caso (a), applicando al valore caratteristico della resistenza unitaria al taglio τ_R un coefficiente parziale $\gamma_{\tau R} = 1,0$ (M1) e $\gamma_{\tau R} = 1,25$ (M2) oppure procedendo come previsto ai punti b) e c) di cui sopra.

15. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI: SIMULAZIONI

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8 delle NTC, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Al fine di valutare attentamente la stabilità del sistema opera/pendio, sono state eseguite delle verifiche di stabilità lungo alcune sezioni di progetto: le verifiche sono state eseguite tramite il software SLIDE di Rocscience (Version 6.039).

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle NTC, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1; quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD) di cui allo stesso § 3.2.1.

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali γ_R indicati nel Capitolo 7 delle NTC, oppure con i γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

15.1 FRONTI DI SCAVO E RILEVATI

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nelle NTC (§ 7.11.3.5.2) e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

- $\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
- $\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$. Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

15.2 SIMULAZIONI ESEGUITE

Lungo alcune sezioni di progetto sono state eseguite specifiche analisi di stabilità globali che riguardano il sistema opera/pendio nella configurazione finale.

Queste verifiche sono state condotte seguendo le citate NTC – 18, confrontando il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione E_d con quello di progetto della resistenza del sistema geotecnico R_d , utilizzando l'approccio 1 con la combinazione 2:

$$A2 + M2 + R2$$

tenendo quindi conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle stesse NTC, riportati di seguito.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_r (o γ_f)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(9)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

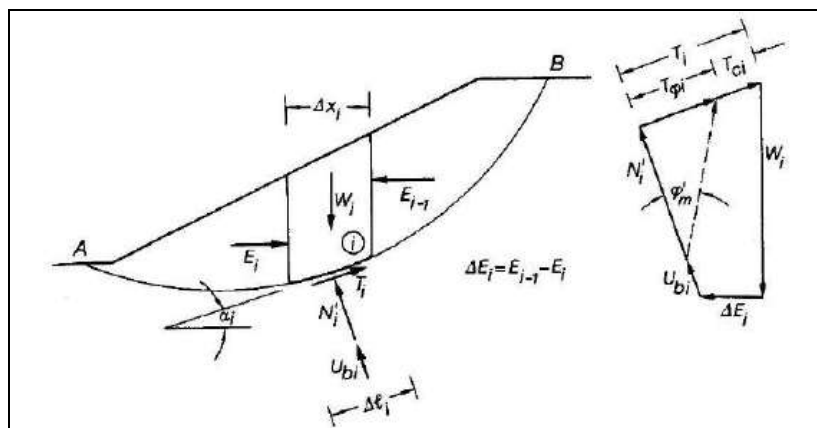
Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_{G1}	1,1

Le verifiche, implementate con il codice di calcolo SLIDE di Rocscience (Version 6.039) sono state condotte utilizzando il metodo di Bishop semplificato (1955) ed ipotizzando superfici di scorrimento circolari di raggio r, con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in conci di larghezza b, per ognuna delle quali vengono valutati il momento stabilizzante M_s e il momento ribaltante M_r calcolati rispetto al centro del cerchio. Si è preferita la modalità di analisi “Slope Search” rispetto alla “Grid Search” in quanto si possono investigare molte più superfici (nel nostro caso sono state scelte 5000 superfici) che interessano tutto il pendio e tali superfici risultano indipendenti a differenza di quelle individuate a partire dalla griglia dei centri. In tal modo il versante viene investigato nella sua globalità.



Schema verifiche di stabilità secondo Bishop

Il contributo al momento stabilizzante M_s di un concio è fornito in generale dalla resistenza alla base, somma della componente del peso W ortogonale alla base moltiplicata per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della eventuale coesione c , moltiplicata per la lunghezza $b/\cos\alpha$, dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto

all'orizzontale. Nell'ipotesi che il concio sia parzialmente immerso in acqua e che alla base la pressione idraulica valga u si ottiene:

$$M_s = \frac{c \times b + (W - u \times b) \times \operatorname{tg} \phi}{m \alpha} \times r$$

Dove:

$$m \alpha = \cos \alpha \times \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \times \operatorname{tg} \phi}{F} \right)$$

Il contributo al momento ribaltante M_r di un concio è fornito dalla componente del peso W parallela alla base del concio:

$$M_r = W \times \sin \alpha \times r$$

Nei casi in esame l'azione di progetto E_d corrisponde al momento ribaltante M_r e la resistenza di progetto R_d al momento stabilizzante M_s ; la verifica viene quindi soddisfatta, considerando il fattore parziale γ_r sulla resistenza di progetto, se:

$$E_d \leq R_d \Leftrightarrow M_r \leq \frac{M_s}{\gamma_r}$$

per cui il rapporto tra M_s e M_r che deve risultare $\geq \gamma_r = 1.1$.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte mediante l'analisi di tipo pseudo-statico che considera un sistema di forze orizzontali e verticali applicate ai volumi di terreno coinvolti. Le forze orizzontali di inerzia, dovute all'azione sismica, sono state considerate con intensità pari a:

$$F_h = \beta_s \times \frac{a_{\max}}{g} \times W$$

dove:

- β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima al sito;
- a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- W = peso del materiale;
- g = accelerazione di gravità.

Le forze verticali sono state considerate pari a:

$$F_v = \pm 0.5 \times F_h$$

15.3 VALORI CARATTERISTICI

Dall'analisi geostrutturale di dettaglio e dall'osservazione dei tagli artificiali e naturali si è potuto ricostruire la stratigrafia dell'area, utilizzando poi le caratteristiche tipiche dei terreni incontrati, attribuendone dei valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe e ricavati dalla back-analysis riportata nel seguito. Come indicato precedentemente, le caratteristiche della roccia sono

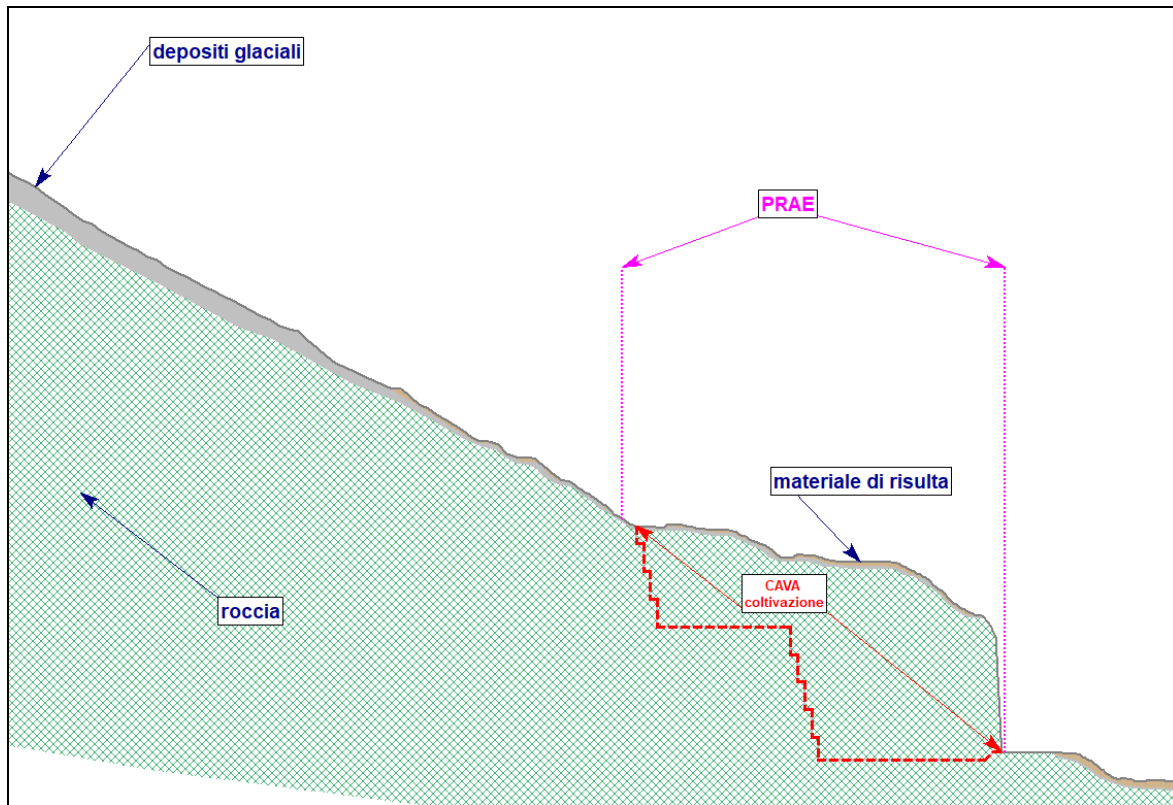
state ricavate utilizzando il criterio di rottura generalizzato Hoek & Brown (paragrafo specifico della relazione geologica): attraverso il software Roclab della Rocscience sono stati ricavati i valori da utilizzare sia per la caratterizzazione geomeccanica che per le verifiche di stabilità: in tal modo il software può analizzare la roccia come se fosse un materiale avente un angolo di attrito ed una coesione propri e farlo attraversare dalle superfici di scivolamento che naturalmente risultano esemplificative.

Nei depositi glaciali e detritico colluviali, spesso sovraconsolidati, costituiti in genere da materiale eterogeneo con grossi trovanti, ciottoli, ghiaia e sabbia immersi in una variabile percentuale di matrice limoso-argillosa, è inverosimile che la resistenza sia data dalla sola coesione non drenata c_u . Le leggi della geotecnica affermano, inoltre, che la stabilità legata alla sola coesione è a “breve termine”. Nel lungo periodo, invece, la stabilità di un terreno dipende fundamentalmente dall’angolo d’attrito, riducendo progressivamente l’effetto della coesione. Dall’analisi geomorfologica delle aree montane, si può osservare, come spesso siano presenti versanti molto stabili, costituiti da depositi glaciali e detritico colluviali, dotati di pendenze ben superiori a quelle dei valori dell’angolo di resistenza al taglio compatibili con tali materiali. È ovvio, che questa evidenza può essere geotecnicamente spiegata solo con una sensibile coesione indotta da un certo grado di sovraconsolidamento della matrice fine. Considerando il criterio di rottura Mohr-Coulomb, è evidente che entrambi i parametri geotecnici collaborano per la stabilità, anche nel lungo periodo. Ciò è stato appurato in molti casi studiati nell’attività professionale, ove è stato necessario considerare entrambi i parametri di resistenza al taglio per giustificare proprio le evidenze stratigrafiche e geomorfologiche, dalle quali non è possibile prescindere.

Il pendio analizzato è principalmente costituito dalle seguenti unità geologico-geotecniche:

- materiale di risulta (depositi medio-grossolani legati alle precedenti attività estrattive presenti sul versante);
- depositi glaciali con spessori ridotti vista la presenza di substrato subaffiorante;
- roccia costituita in generale da oficalciti.

Di seguito si riportano gli schemi litostratigrafici dei settori di progetto con le caratteristiche geotecniche dei terreni di rilievo e di progetto corrispondenti.



*Schema adottato per le verifica di stabilità con il software Slide (sezione 6)
Nella sezione vengono evidenziati i terreni e i materiali di rilievo e di progetto*

approccio DA1-C2		
PARAMETRO	Unità di misura	Valore caratteristico
Depositi glaciali		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0.7002
	ϕ_k	35.00
Coesione efficace	C'_k (MPa)	0.0010
Resistenza non drenata	C_{UK} (MPa)	0.0000
Peso nell'unità di volume	γ_k (kN/m ³)	18.0000
Roccia		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0.9341
	ϕ_k	43.05
Coesione efficace	C'_k (MPa)	0.7770
Resistenza non drenata	C_{UK} (MPa)	0.0000
Peso nell'unità di volume	γ_k (kN/m ³)	26.0000
Materiale di risulta		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0.8391
	ϕ_k	40.00
Coesione efficace	C'_k (MPa)	0.0050
Resistenza non drenata	C_{UK} (MPa)	0.0000
Peso nell'unità di volume	γ_k (kN/m ³)	18.0000
Rilevato in terrarmata		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	1.0000
	ϕ_k	45.00
Coesione efficace	C'_k (MPa)	1.0000
Resistenza non drenata	C_{UK} (MPa)	0.0000
Peso nell'unità di volume	γ_k (kN/m ³)	20.0000
Strato vegetale rinverdito (ripristino ambientale)		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0.7813
	ϕ_k	38.00
Coesione efficace	C'_k (MPa)	0.0040
Resistenza non drenata	C_{UK} (MPa)	0.0000
Peso nell'unità di volume	γ_k (kN/m ³)	18.0000

15.4 VERIFICHE

Come prevedono le NTC, sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle NTC, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1. Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1 (es.: configurazione finale di progetto, ovvero a recupero ambientale completato); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD) di cui allo stesso § 3.2.1.

Le verifiche di stabilità nelle fasi di scavo (coltivazione) e di recupero ambientale sono state eseguite lungo le sezioni ritenute più critiche ovvero le sezioni 1 e 3, tratte dal progetto dell'ing. Fabio Croatto.

Come evidenziato precedentemente nel capitolo relativo all'assetto idrogeologico, le verifiche sono state eseguite in assenza di falda vista la presenza di roccia affiorante o subaffiorante. Anche per la sottile coltre di materiale sciolto non si è introdotta la falda in quanto l'assetto idrogeologico ammette che sia lecito assumere che le sovrappressioni interstiziali generate dall'applicazione dei carichi si dissipino contemporaneamente all'applicazione stessa.

Al fine di valutare anche il contributo determinato dal volume di roccia posta a tergo del nuovo fronte di cava, ed in accordo con quanto richiede il software, si è ritenuto necessario proseguire la sezione di progetto per almeno una ventina di metri. In

considerazione del fatto che il rilievo di progetto non si estendeva sino a tale settore è stata prolungata la sezione geometricamente, senza tener conto del reale profilo che, nel settore proseguirebbe diminuendo di quota. Tale analisi risulta comunque cautelativa in quanto prevede la spinta di un volume maggiore di quello realmente presente.

Attribuiti i parametri caratteristici del terreno e stabilita la possibile geometria di rottura, la verifica di stabilità è stata effettuata con supporto informatico.

Nei casi in esame l'azione di progetto E_d corrisponde al momento ribaltante M_r e la resistenza di progetto R_d al momento stabilizzante M_s ; la verifica viene quindi soddisfatta, considerando il fattore parziale γ_r sulla resistenza di progetto, se:

$$E_d \leq R_d \Leftrightarrow M_r \leq \frac{M_s}{\gamma_r}$$

per cui il rapporto tra M_s e M_r deve risultare $\geq \gamma_r = 1.1$ per le verifiche in condizioni statiche e $\geq \gamma_r = 1.2$ per le verifiche in condizioni sismiche.

A partire da ogni fattore di sicurezza determinato con il software Slide corrispondente al rapporto tra il momento stabilizzante M_s ed il momento ribaltante M_r si

può verificare la condizione imposta dalle NTC 2018 $E_d \leq R_d$ ovvero che $\frac{R_d}{E_d} \geq 1$, cioè che $F_s/\gamma_r \geq 1$.

15.5 AZIONI SISMICHE

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I valori relativi agli stati limite scelti per le verifiche sono espressi per ciascuna fase analizzata e ad essi corrispondono gli specifici coefficienti e valori (in particolare a_g) ottenuti nel capitolo relativo alla modellazione sismica del sito trattato nella relazione geologica.

Nel caso di pendii con inclinazione maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m, l'azione sismica di progetto deve essere opportunamente incrementata, o attraverso un coefficiente di amplificazione topografica, o in base ai risultati di una specifica analisi bidimensionale della risposta sismica locale, con la quale si valutano anche gli effetti di amplificazione stratigrafica.

In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio. Pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi, ma si riducono sensibilmente in frane con superfici di scorrimento profonde. In tali

situazioni, nelle analisi pseudostatiche gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati ($S_T=1$).

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nel nostro caso si è deciso di eseguire l'analisi delle condizioni di stabilità mediante metodi pseudostatici.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo-statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T);

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Coefficienti di amplificazione stratigrafica

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Coefficienti di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Coefficienti di amplificazione topografica

La condizione di stato limite deve essere valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e riferita alla superficie di scorrimento critica, caratterizzata dal minore margine di sicurezza. L’adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

In terreni saturi e in siti con accelerazione orizzontale massima attesa $a_{max} > 0,15 \cdot g$, nell’analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere conto della possibile riduzione della resistenza al taglio per incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza indotti dalle azioni sismiche.

Nell’analisi di stabilità di frane quiescenti, che possono essere riattivate dall’azione del sisma, si deve fare riferimento ai valori dei parametri di resistenza attinti a grandi deformazioni. L’eventuale incremento di pressione interstiziale indotto dal sisma, da considerare in dipendenza della natura dei terreni, deve considerarsi uniformemente distribuito lungo la superficie di scorrimento critica.

Per quanto riguarda i fronti di scavo e rilevati, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h = k_h W$ ed $F_v = k_v W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nelle NTC (§ 7.11.3.5.2) e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

I fronti di coltivazione possono essere considerati, secondo la normativa vigente (NTC 2018), da una vita nominale V_N inferiore come durata rispetto alle opere, pur mantenendo classi e coefficienti d’uso proprie delle opere definitive.

Nel caso in cui la risultante vita di riferimento V_R è inferiore od uguale a 35 anni si pone comunque $V_R=35$.

Come descritto in precedenza, in considerazione del fatto che il settore è posto direttamente su roccia, si è utilizzato un profilo stratigrafico di riferimento del **tipo A**, in quanto si è in *presenza di ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

15.5.1 Azioni sismiche in fase di coltivazione

Imponendo le condizioni sopra descritte e volendo verificare i fronti di scavo anche in presenza di azione sismica relativa a fronti di coltivazione (verificato allo SLV), si ottengono i seguenti valori:

Imponendo le condizioni sopra espresse e volendo verificare la progettazione anche in presenza di azione sismica, si ottengono i seguenti valori:

$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$	0.024
$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$	0.012

dove:

β_s	0.38
a_{\max}	0.064 g
g	9.81

dove:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

con:

S_S	1
S_T	1.2
a_g	0.053

Coefficienti sismici considerati per la fase di coltivazione

15.5.2 Azioni sismiche in fase di recupero ambientale

Per quanto riguarda la configurazione finale di progetto a recupero ambientale completato, le verifiche sono state realizzate allo stato limite ultimo (SLU), più precisamente allo stato limite di vita (SLV).

Imponendo le condizioni sopra espresse e volendo verificare la progettazione anche in presenza di azione sismica, si ottengono i seguenti valori:

$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$	0.014
$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$	0.007

dove:

β_s	0.2
a_{\max}	0.071 g
g	9.81

dove:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

con:

S_S	1
S_T	1.2
a_g	0.059

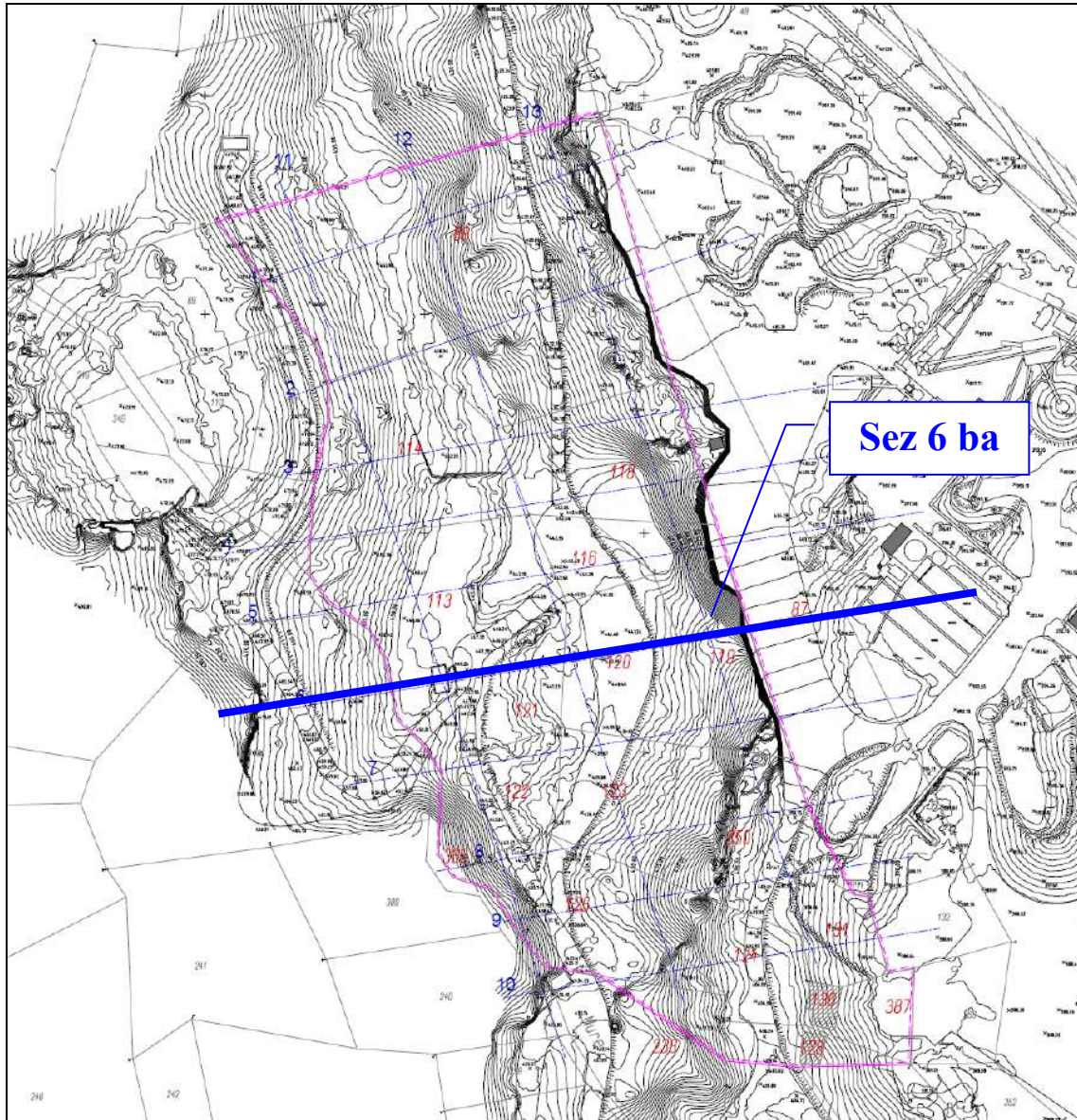
Coefficienti sismici considerati per la fase di recupero ambientale

15.6 BACK-ANALYSIS

Per poter estrapolare dei dati geotecnici oggettivi, a partire da quanto riportato nei capitoli precedenti, sono state realizzate reiterate verifiche di stabilità in “back-analysis”, opportunamente predisposte allo scopo di valutare le caratteristiche di resistenza dei terreni presenti nel settore oggetto della presente relazione.

La back analysis consiste nell’analizzare un problema del quale sono noti la geometria e le condizioni al contorno, per ricavare a ritroso i parametri di resistenza del materiale, attraverso una risoluzione inversa delle equazioni di equilibrio o per tentativi o iterazioni successivi. Tuttavia, il fatto che uno o più set di parametri geotecnici forniscano in un modello analitico risultati comparabili a quanto si verifica in sito, non è di per sé garanzia della bontà dei parametri e delle equazioni di equilibrio utilizzate.

Per la back-analysis si è scelta una sezione, come meglio indicato nella planimetria seguente.



Planimetria di rilievo con l'indicazione della sezione utilizzata per la back analysis

Il pendio ove insiste la coltivazione in oggetto è posto al piede del versante: esso risulta essere principalmente costituito da depositi glaciali, da materiale di risulta legato alle attività di coltivazione pregresse o ovviamente dal substrato da subaffiorante ad affiorante.

Per ottenere risultati sufficientemente cautelativi tramite la back analysis sono state fissate le seguenti condizioni nel modello di calcolo:

- assenza di sollecitazioni sismiche;
- assenza di falda idrica;
- parametri geotecnici "reali" (non ridotti secondo i coefficienti parziali imposti dai DM 14/01/2008 e D.M. 17/01/18).

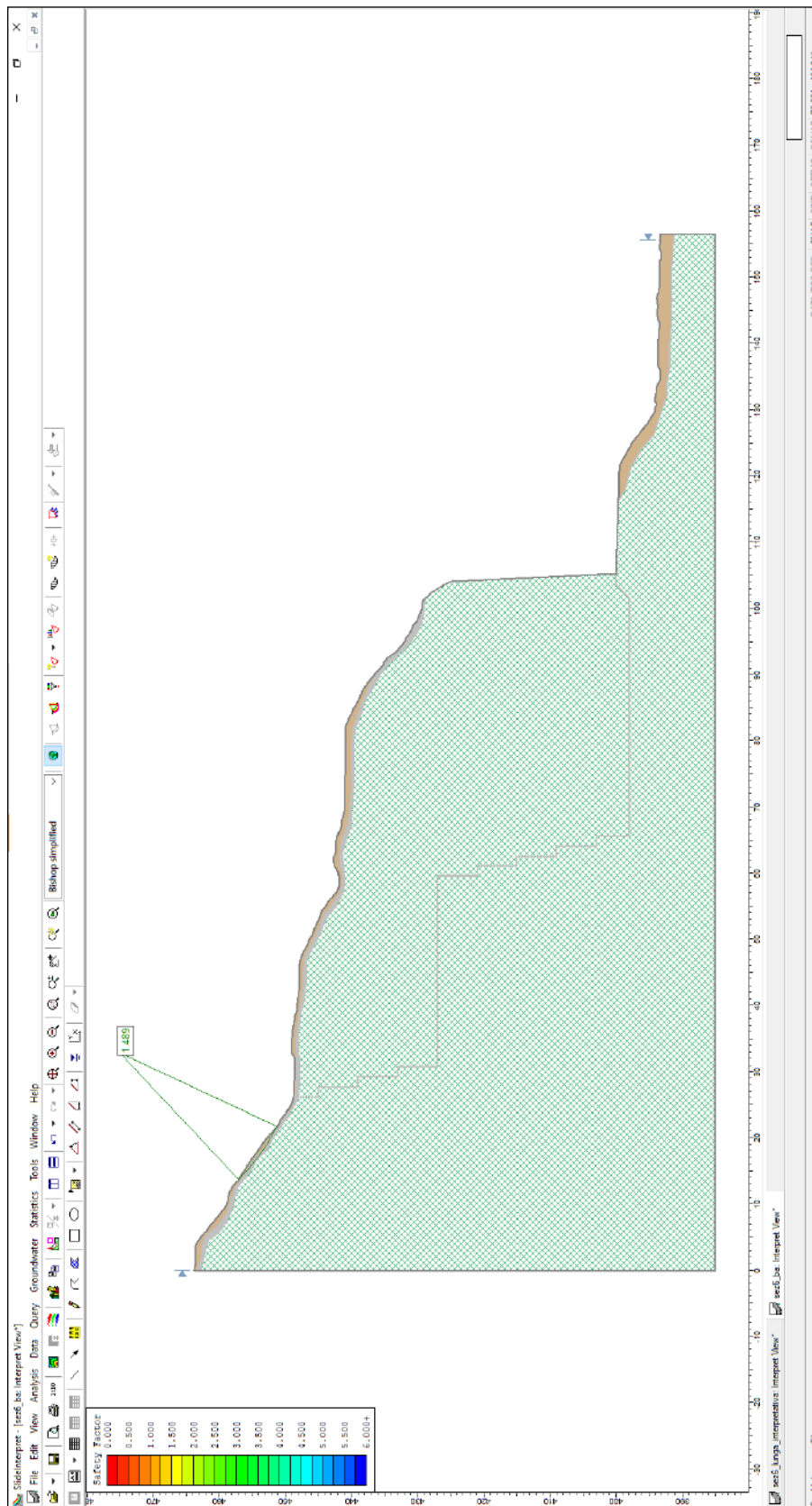
Tenuto conto di tali condizioni si è ritenuto di considerare il versante attuale con dei fattori di sicurezza F_s ben superiori a 1,1, in considerazione della situazione che al momento individua pendii che non mostrano evidenze di instabilità. La back analysis è stata effettuata infatti imponendo ai terreni le caratteristiche geotecniche ricavate dall'analisi geostrutturale di dettaglio, nonché dai valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe ed in areali limitrofi.

Le verifiche sono state eseguite con il metodo di Bishop semplificato, nel quale si risolvono le equazioni del momento rispetto al centro dell'arco di cerchio che descrive la superficie di scivolamento.

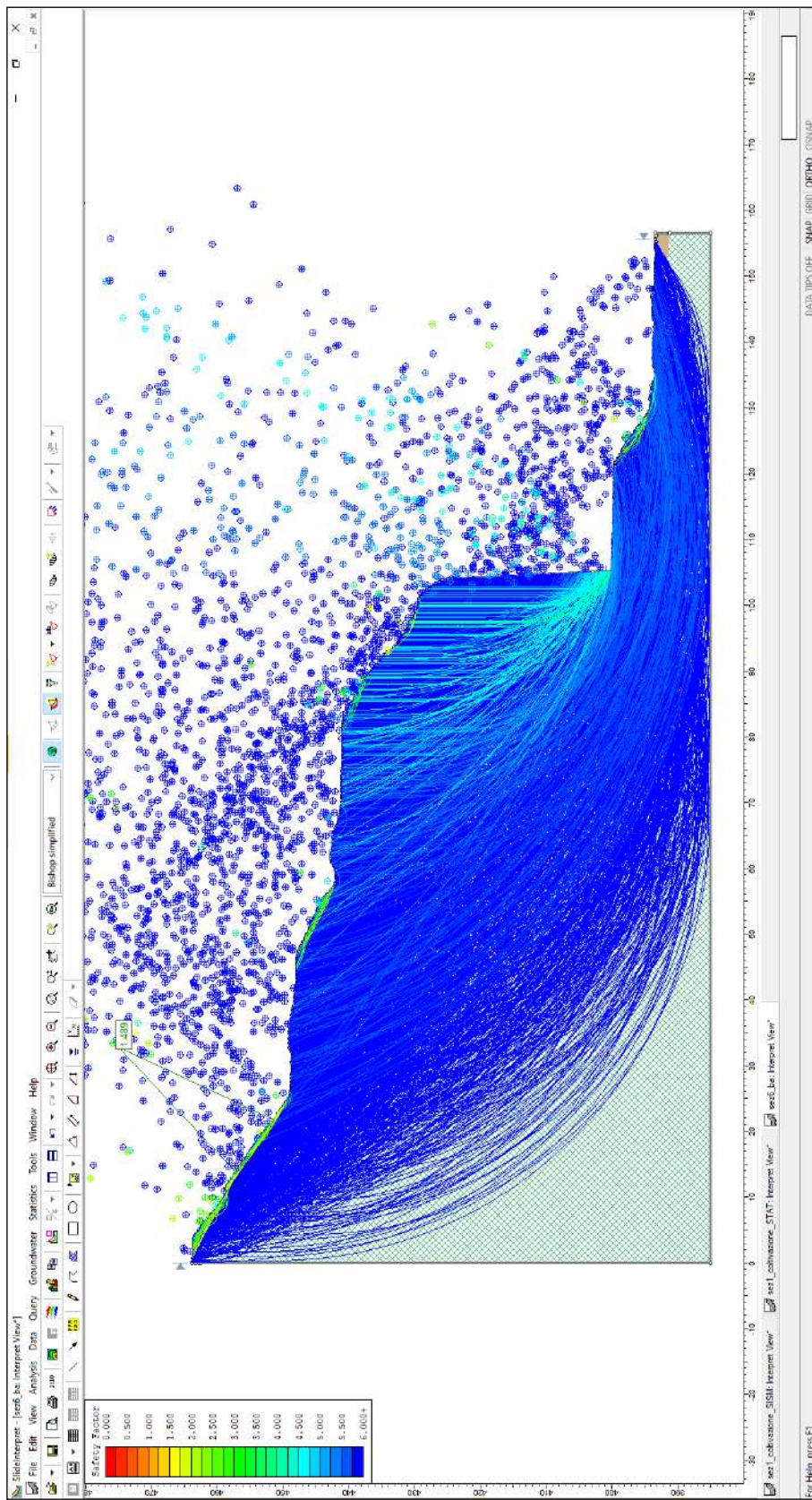
Le sezioni che vengono riportate di seguito comprendono la superficie con valore di F_s minore e, per una visione complessiva, tutte le superfici che il programma ha valutato: a seconda della colorazione della superficie corrisponde un F_s . Oltre il valore di F_s 6.0 tutte le superfici sono rappresentate in blu.

15.6.1 Sezione 6ba – back analysis – Metodo: Bishop semplificato

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>
Bishop semplificato	1.489






Verifica di stabilità (back analysis) con evidenziata la superficie con F_s minore



In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.6.2 Valori di back analysis

La back analysis è stata effettuata infatti imponendo ai terreni le caratteristiche geotecniche ricavate dall'analisi geostrutturale di dettaglio, nonché dai valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe ed in areali limitrofi:

Property	materiale di risulta	roccia	depositi glaciali
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18	26	18
Cohesion [kPa]	5	777	1
Friction Angle [deg]	40	43.05	35
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

La back analysis ha evidenziato che i valori utilizzati rappresentano correttamente le caratteristiche della stratigrafia del versante.

15.7 SITUAZIONE DI PROGETTO

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto, dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne, saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m'n e raggio variabile in un determinato range di valori, tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Ai dati geotecnici ricavati sono state apportate le correzioni dovute ai coefficienti parziali γ_R indicati nel Capitolo 7 delle NTC, oppure ai γ_R indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

Come previsto, la verifica globale è stata condotta attraverso l'approccio 1, combinazione 2, adottando come coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza γ_R quello riportato nella tabella 6.8.I delle NTC.

Come previsto dalle NTC 2018, a partire da ogni fattore di sicurezza determinato con il software Slide è stata poi ricalcolata la stabilità applicando allo stesso il fattore parziale γ_r sulla resistenza di progetto.

Di seguito si riportano i valori delle caratteristiche dei terreni utilizzati per le simulazioni ed i valori corretti secondo i coefficienti previsti dalla normativa.

approccio DA1-C2				
PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Valore caratteristico	Coefficiente parziale M2	Valore di progetto
PARAMETRO		Depositi glaciali		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_k)$	0.7002	1.25	0.5602
	ϕ_k	35.00		29.26
<i>Coesione efficace</i>	C'_k (MPa)	0.0010	1.25	0.0008
<i>Resistenza non drenata</i>	C_{UK} (Mpa)	0.0000	1.40	0.0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	γ_k (kN/m ³)	18.0000	1.00	18.0000
PARAMETRO		Roccia		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_k)$	0.9341	1.25	0.7473
	ϕ_k	43.05		36.77
<i>Coesione efficace</i>	C'_k (MPa)	0.7770	1.25	0.6216
<i>Resistenza non drenata</i>	C_{UK} (Mpa)	0.0000	1.40	0.0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	γ_k (kN/m ³)	26.0000	1.00	26.0000
PARAMETRO		Materiale di risulta		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_k)$	0.8391	1.25	0.6713
	ϕ_k	40.00		33.87
<i>Coesione efficace</i>	C'_k (MPa)	0.0050	1.25	0.0040
<i>Resistenza non drenata</i>	C_{UK} (Mpa)	0.0000	1.40	0.0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	γ_k (kN/m ³)	18.0000	1.00	18.0000
PARAMETRO		Rilevato in terrarmata		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_k)$	1.0000	1.25	0.8000
	ϕ_k	45.00		38.66
<i>Coesione efficace</i>	C'_k (MPa)	1.0000	1.25	0.8000
<i>Resistenza non drenata</i>	C_{UK} (Mpa)	0.0000	1.40	0.0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	γ_k (kN/m ³)	20.0000	1.00	20.0000
PARAMETRO		Strato vegetale rinverdito (ripristino ambientale)		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_k)$	0.7813	1.25	0.6250
	ϕ_k	38.00		32.01
<i>Coesione efficace</i>	C'_k (MPa)	0.0040	1.25	0.0032
<i>Resistenza non drenata</i>	C_{UK} (Mpa)	0.0000	1.40	0.0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	γ_k (kN/m ³)	18.0000	1.00	18.0000

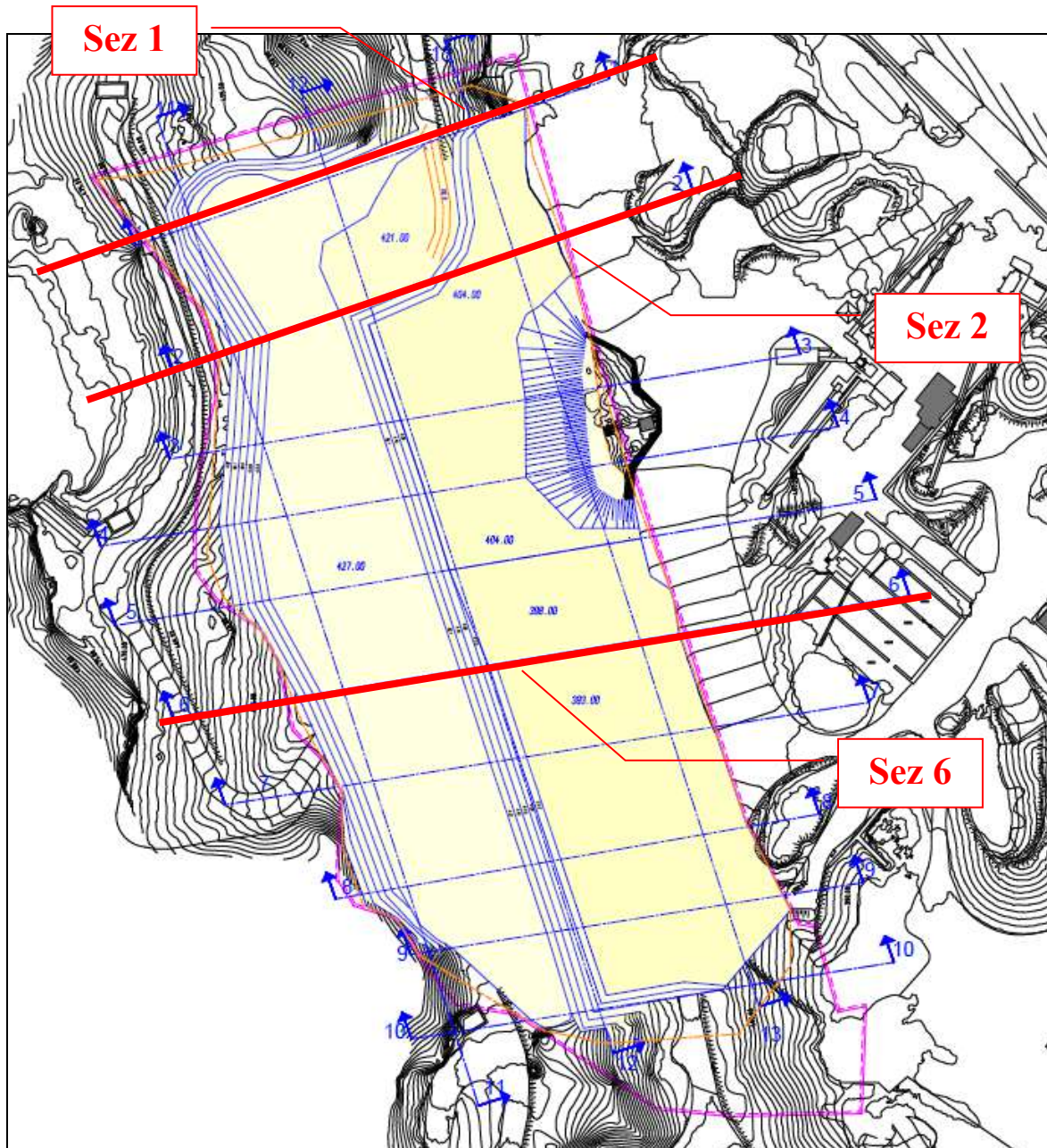
15.8 VERIFICHE DI STABILITÀ IN FASE DI COLTIVAZIONE

Si è verificato il sistema "coltivazione/pendio" con i criteri imposti dalle NTC 2018: le verifiche sono state dunque condotte con i parametri caratteristici dei terreni e dei materiali utilizzando i coefficienti previsti dalle norme e in condizioni di azione sismica.

Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - roscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.

Le verifiche di stabilità nelle fasi di scavo (coltivazione) sono state eseguite lungo le sezioni ritenute più critiche ovvero la sezione 1, la sezione 2 e la sezione 6, tratte dal progetto dell'ing. Fabio Croatto.

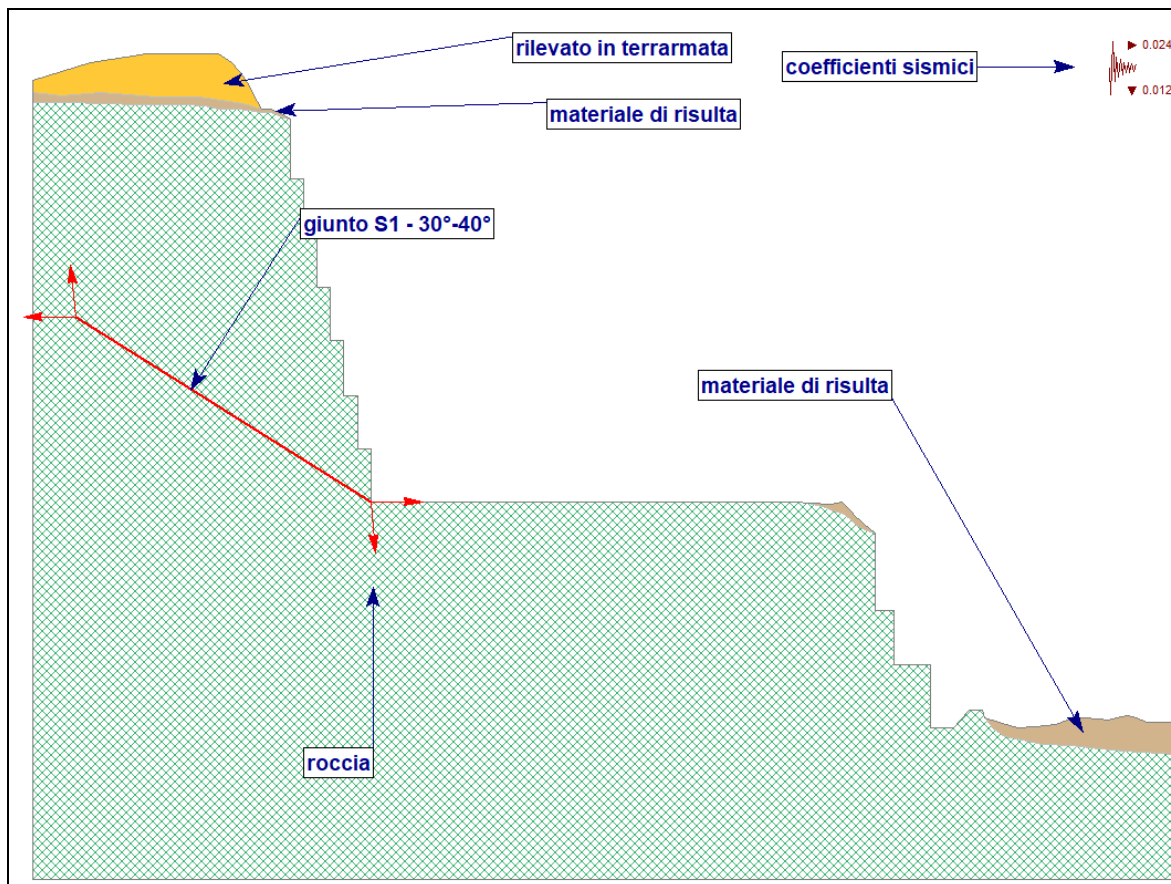
Si ricorda che i profili utilizzati per le verifiche di stabilità sono quelli forniti dal progettista: le sezioni 1 e 2 sono state prolungate, in questa specifica analisi, verso monte di circa 20 metri per completezza di calcolo.



Planimetria di progetto – fase di coltivazione

15.8.1 Impostazione del modello – fase di coltivazione

Il modello considerato è costituito dal pendio oggetto di coltivazione.



*Verifica di stabilità con il software Slide – Fase di coltivazione
Nella sezione vengono evidenziati i terreni e i materiali*

Le verifiche sono state eseguite sia su tutto l'ammasso roccioso, sia sulle superfici di rottura ritenute più critiche e ricavate attraverso il test di Markland. Per quanto riguarda queste ultime è stata introdotta la superficie di scivolamento critica che, nel caso specifico, è la S1 (con una inclinazione di 30°-40°): da questa sono state ricavate migliaia di superfici non-circolari, aventi comunque almeno due punti sulla superficie critica imposta.

In questo modo il versante è stato verificato come ammasso roccioso indefinito e come ammasso roccioso attraversato da fratture note.

15.8.2 *Valori di riferimento del modello geologico considerato – fase di coltivazione*

Di seguito si riportano i valori utilizzati per le simulazioni nel software di calcolo:

Condizioni statiche **Slide Analysis Information** **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3





Surface Options

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 180
- Left Projection Angle (End Angle): 95
- Right Projection Angle (Start Angle): 0
- Right Projection Angle (End Angle): -85
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	materiale di risulta	roccia	depositi glaciali	rilevato in terrarmata
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	18	26	18	20
Cohesion [kPa]	4	621.6	0.8	
Friction Angle [deg]	33.87	36.77	29.26	
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

List Of Coordinates

Block Search Lines

X	Y
4.75673	447.576
37.6042	427

Condizioni sismiche

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options





- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 180
- Left Projection Angle (End Angle): 95
- Right Projection Angle (Start Angle): 0
- Right Projection Angle (End Angle): -85
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.024
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.012

Material Properties

Property	materiale di risulta	roccia	depositi glaciali	rilevato in terrarmata
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	18	26	18	20
Cohesion [kPa]	5	777	1	
Friction Angle [deg]	40	43.05	35	
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

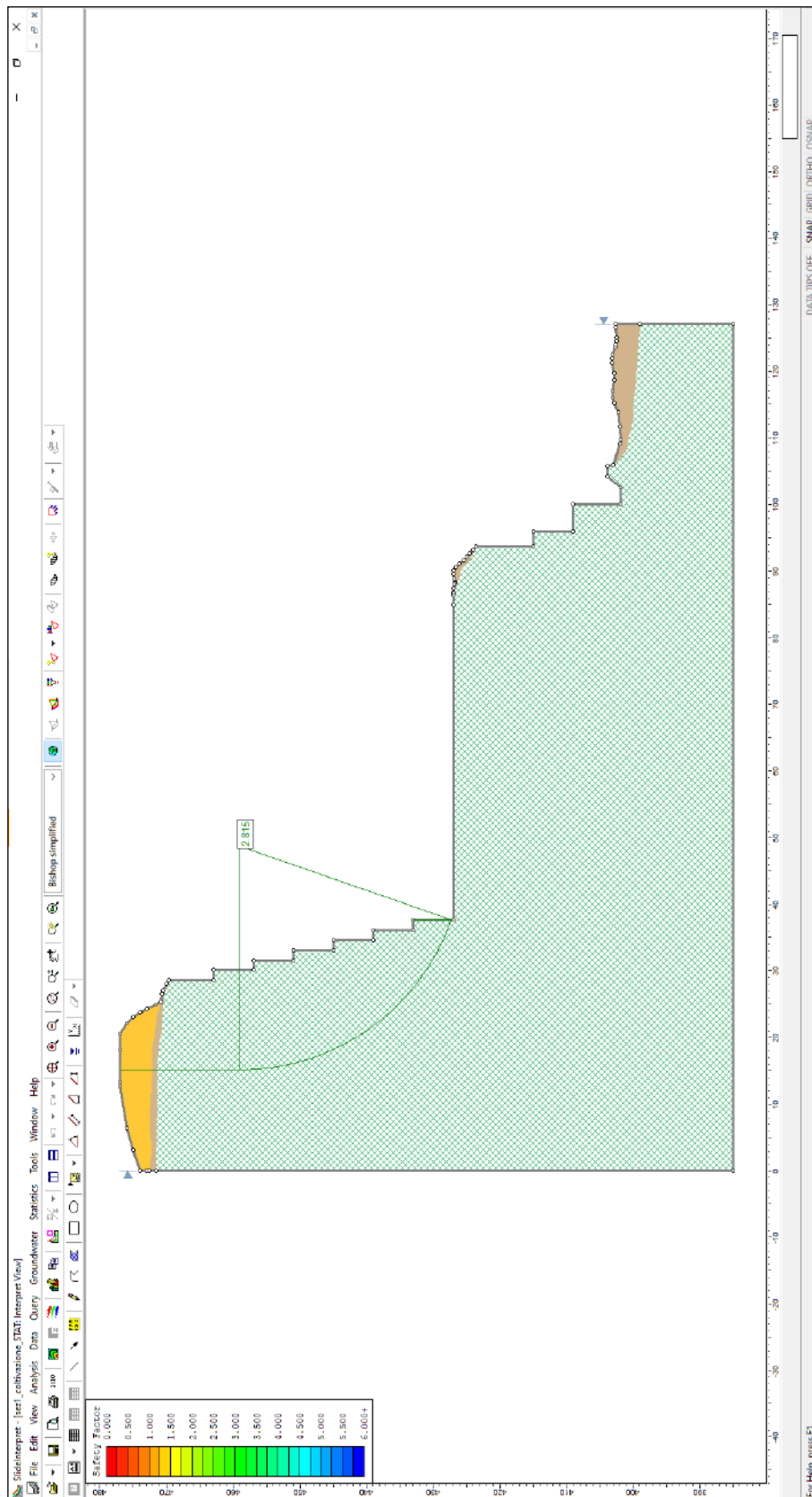
List Of Coordinates

Block Search Lines

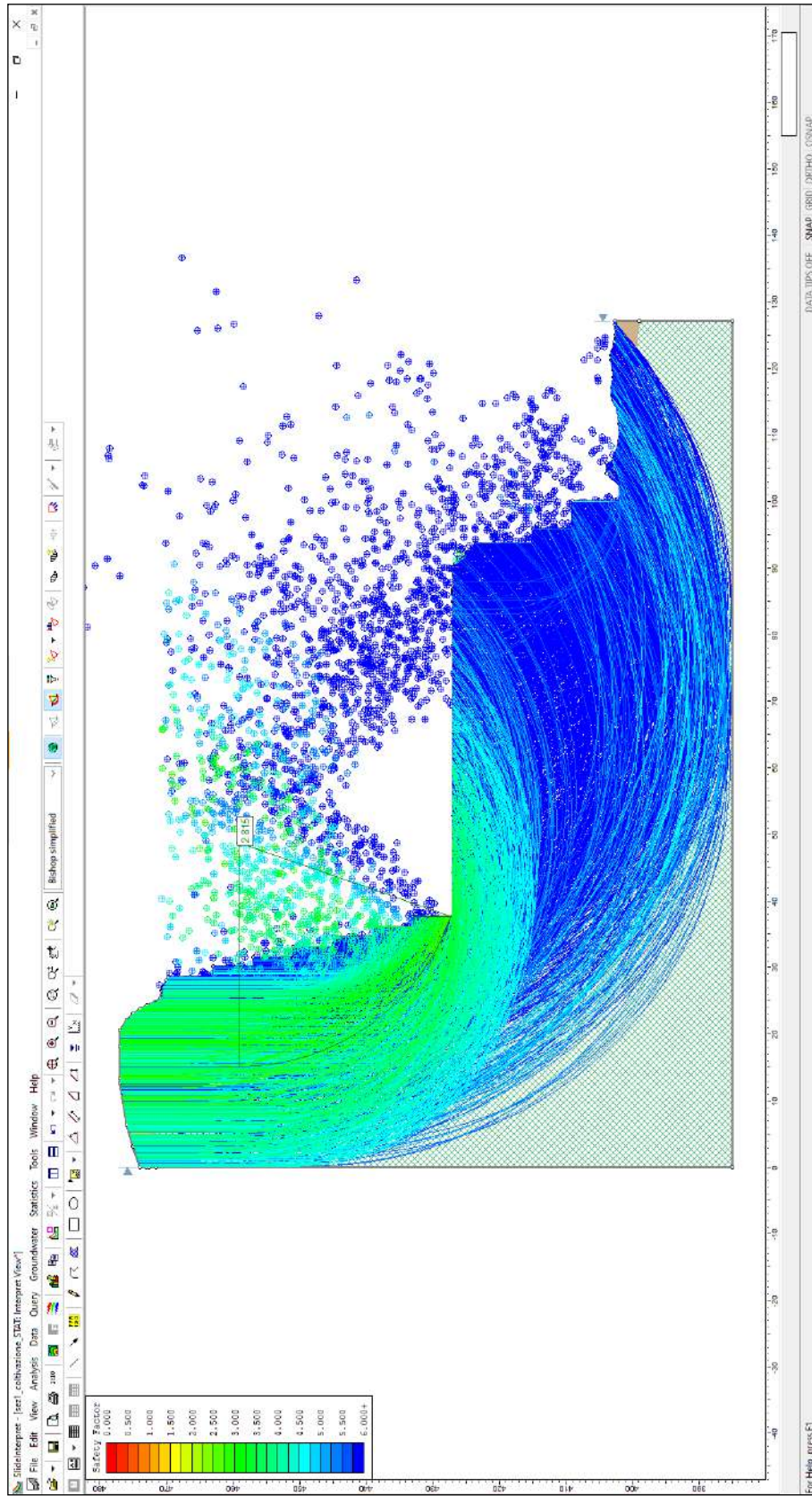
X	Y
4.75673	447.576
37.6042	427

15.8.3 Sezione 1 – fase di coltivazione – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	2.815	1.1	> 1



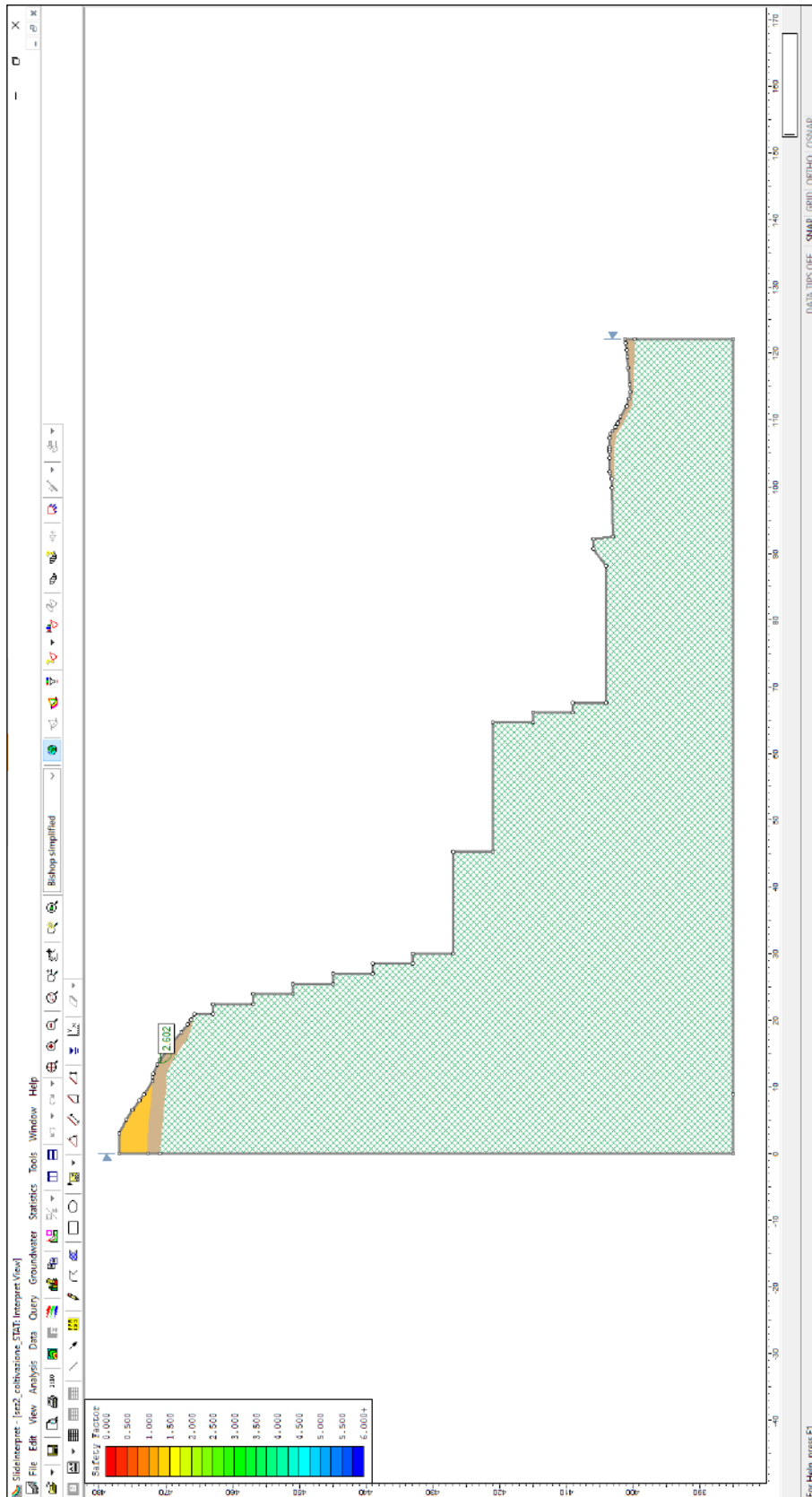
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



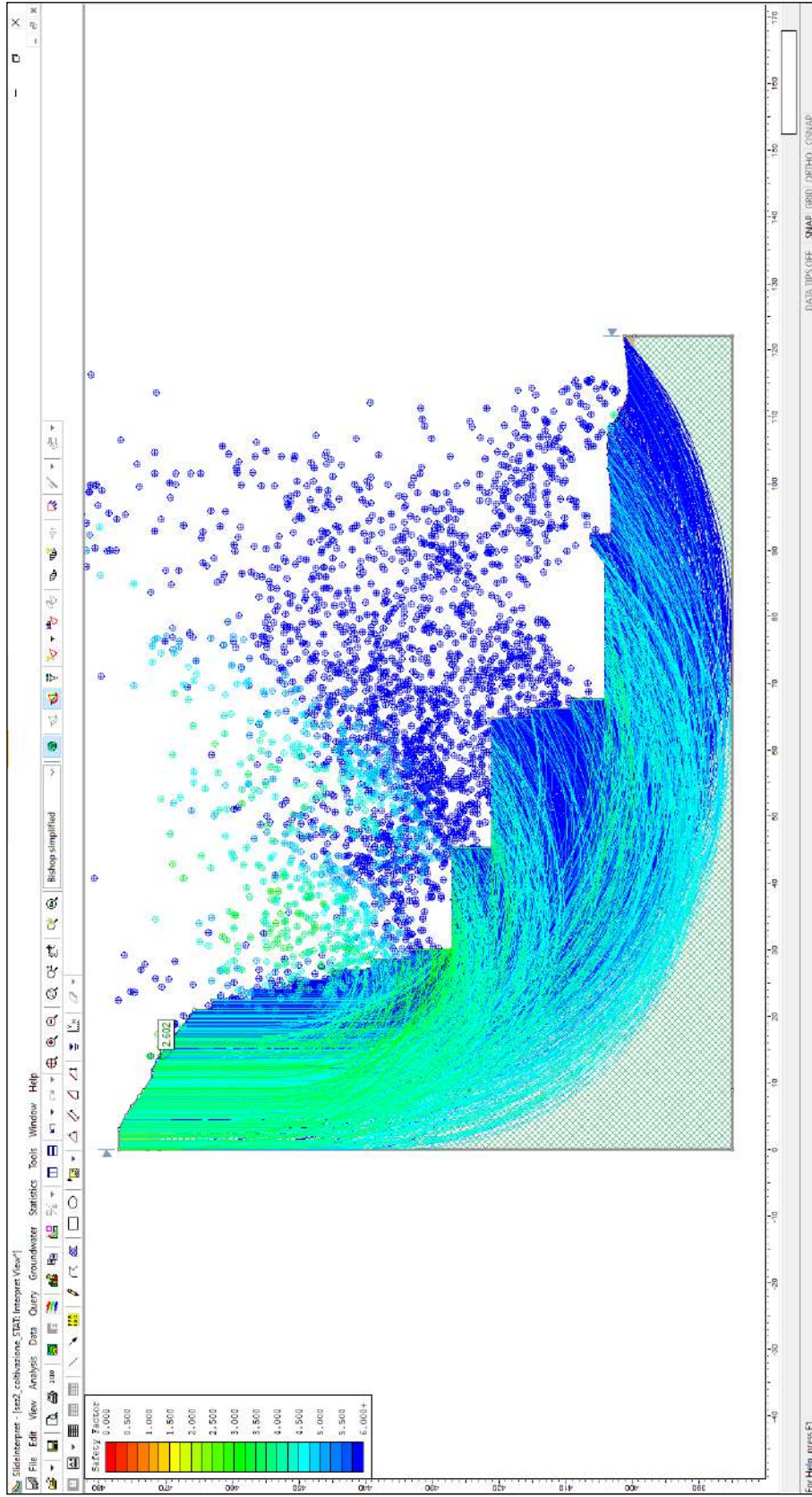
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.4 Sezione 2 – fase di coltivazione – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	2.602	1.1	> 1



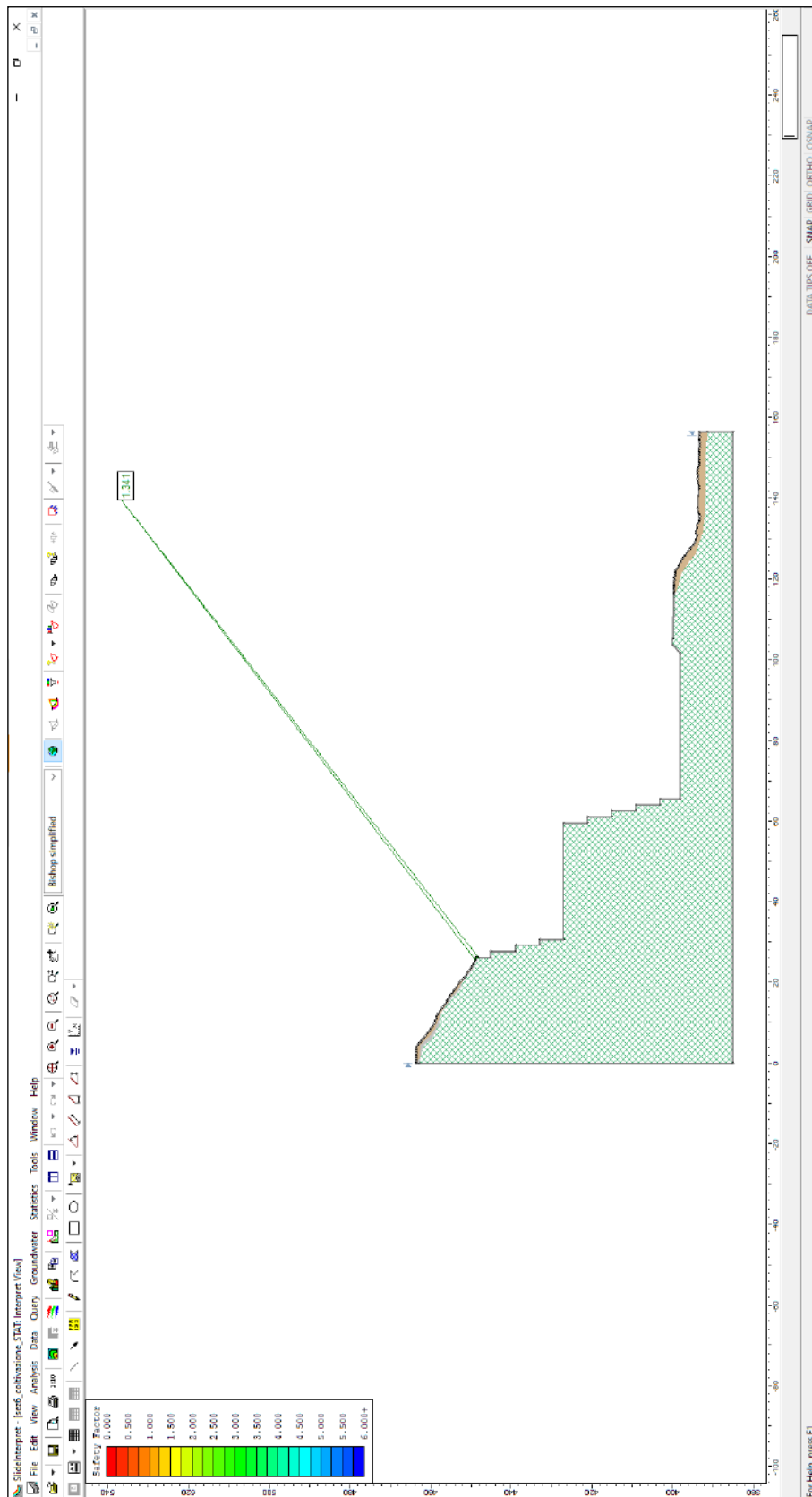
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



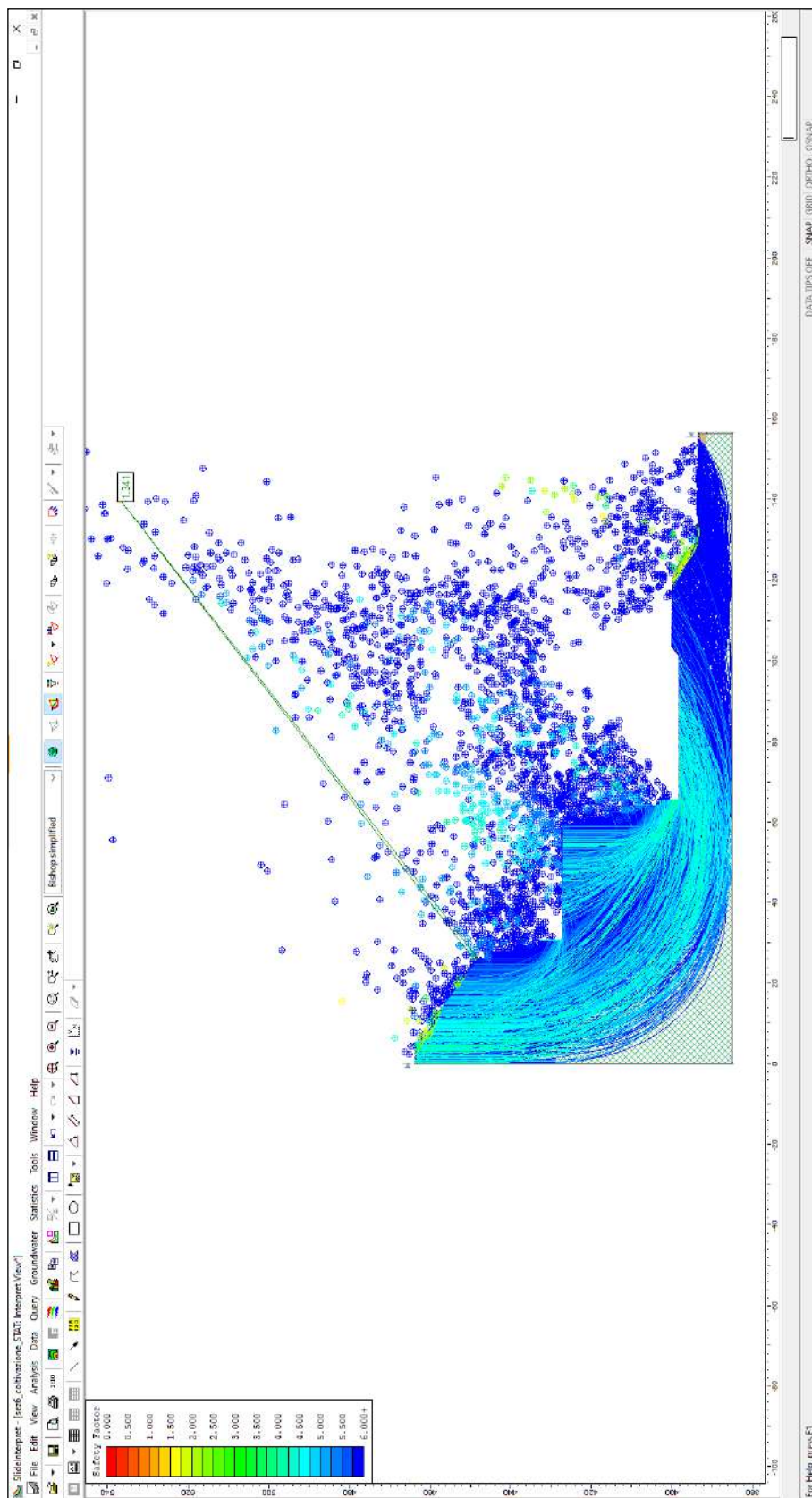
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.5 Sezione 6 – fase di coltivazione – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.341	1.1	> 1



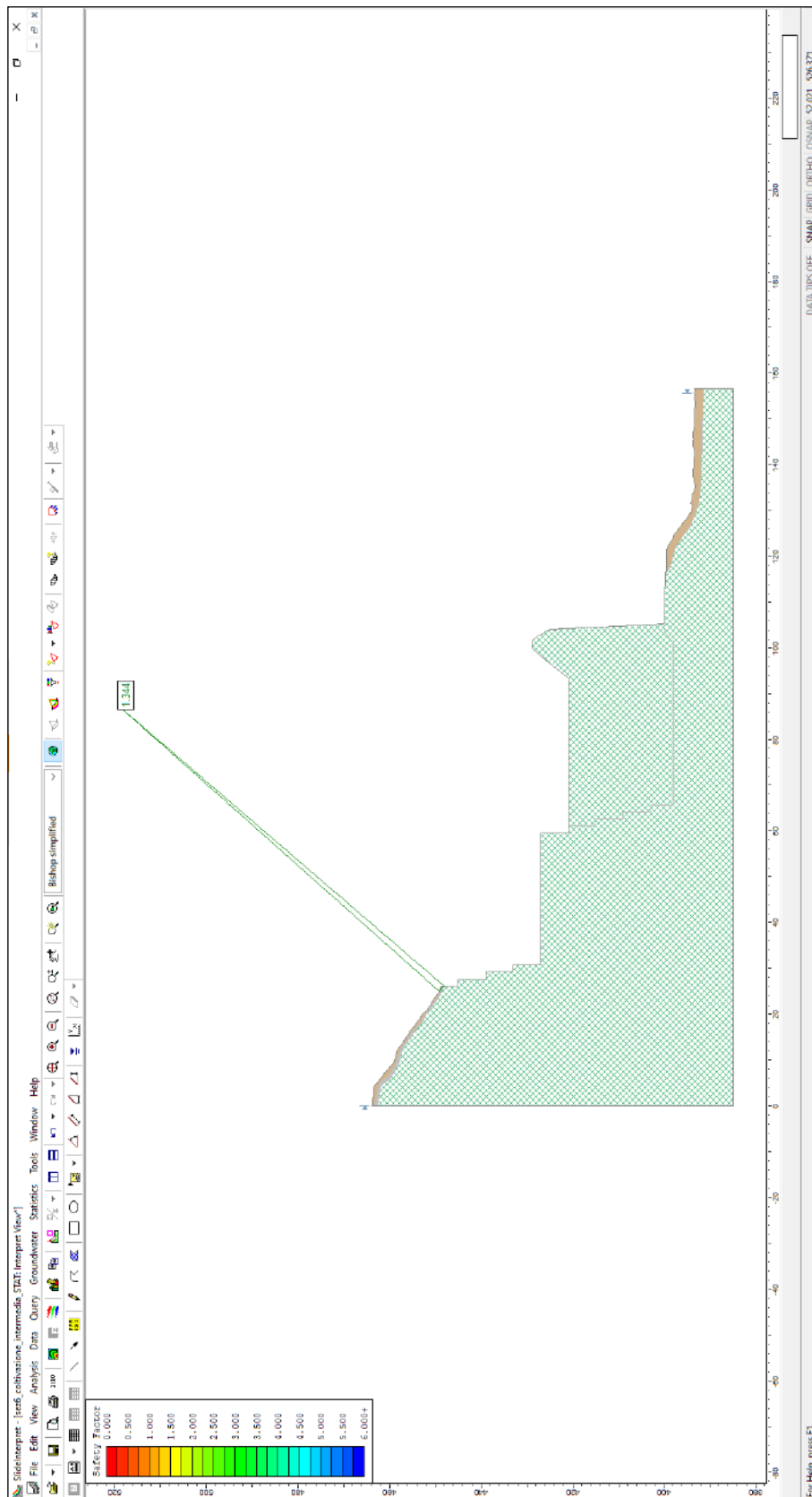
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *F_s min*



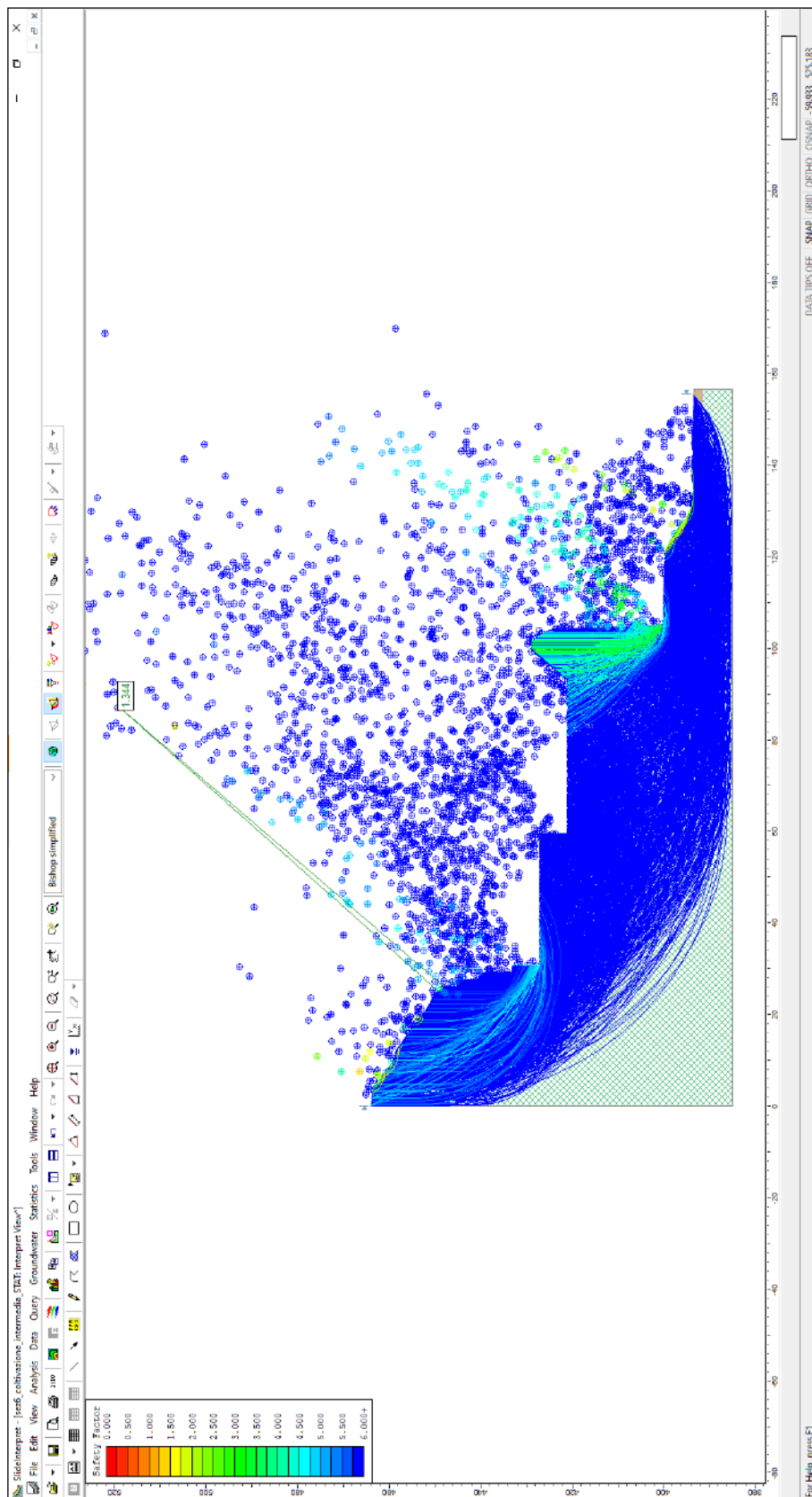
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.6 Sezione 6 – fase di coltivazione intermedia – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.344	1.1	> 1



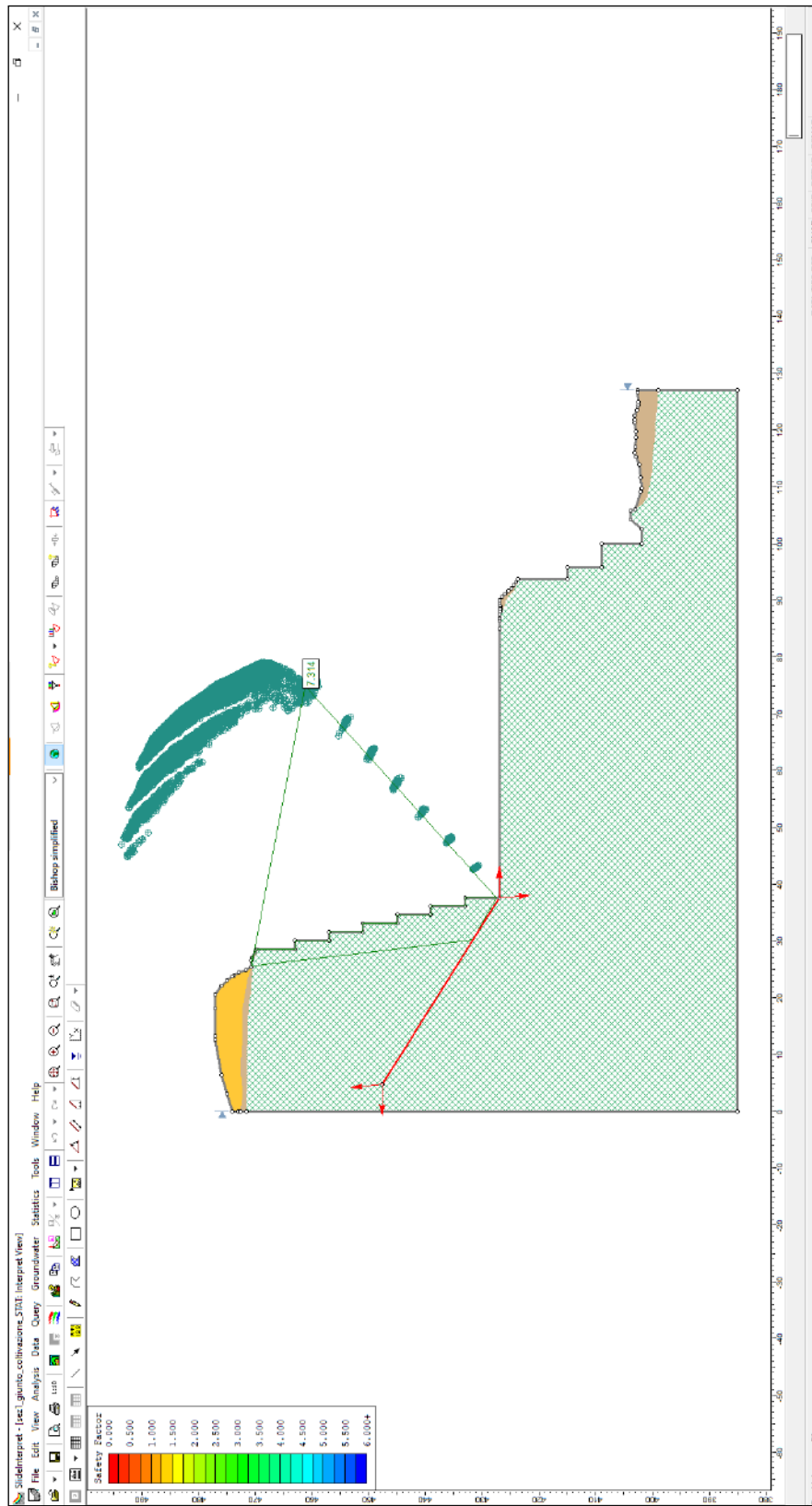
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



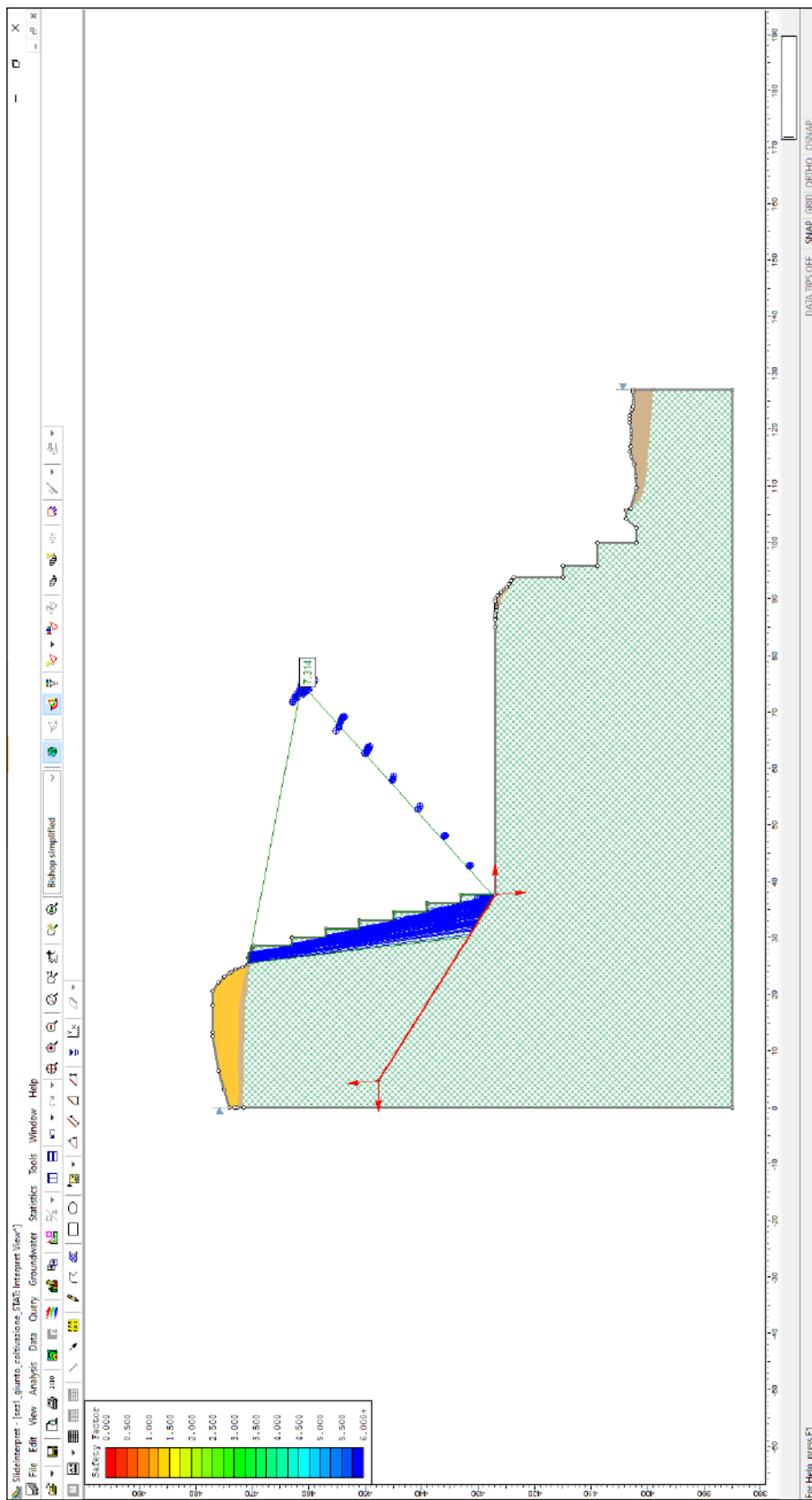
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.7 *Sezione I – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – condizioni statiche*

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>	<i>γ_r</i>	<i>Fs/γ_r</i>
Bishop semplificato	7.314	1.1	> 1



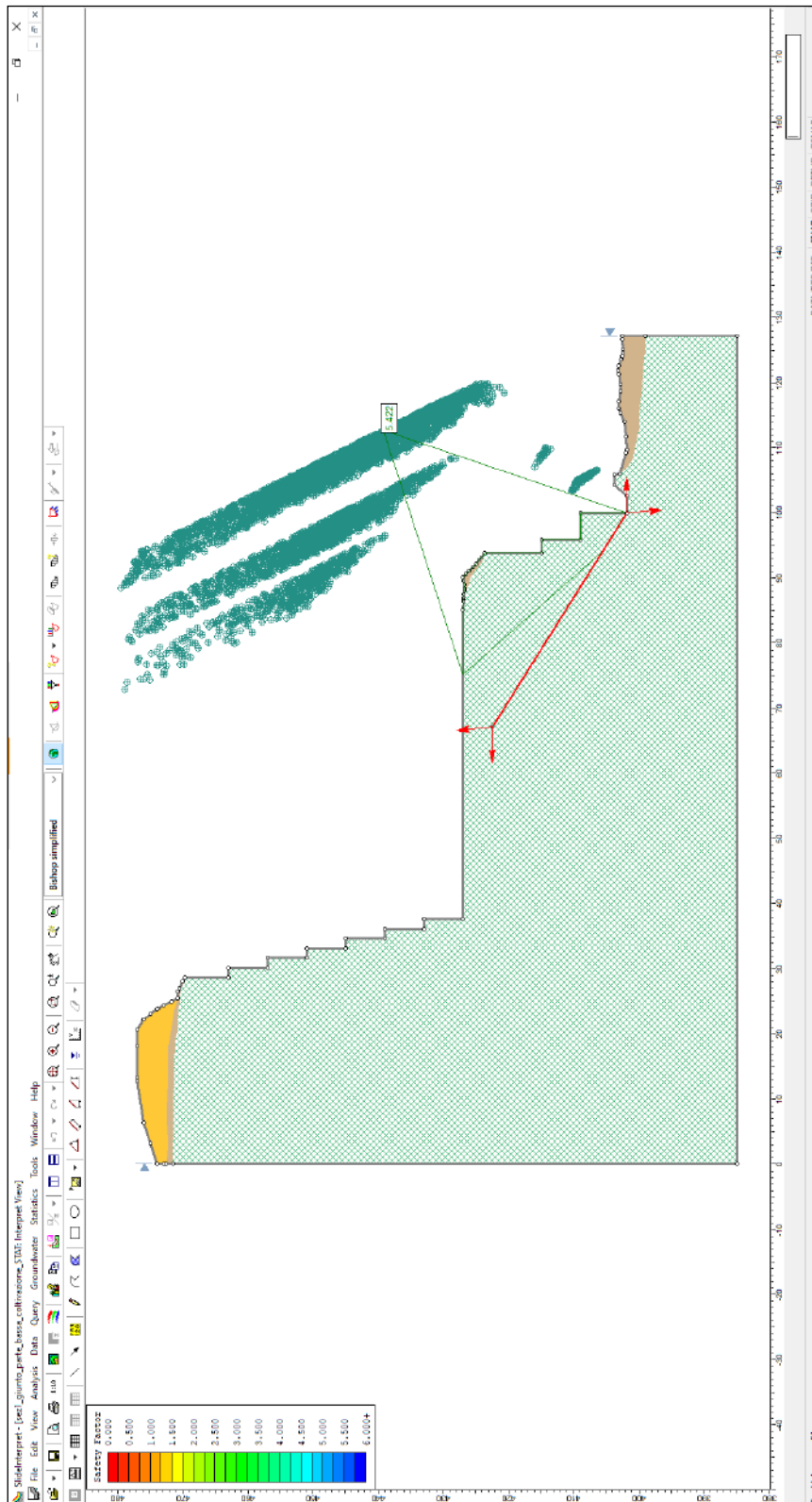
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con Fs minore



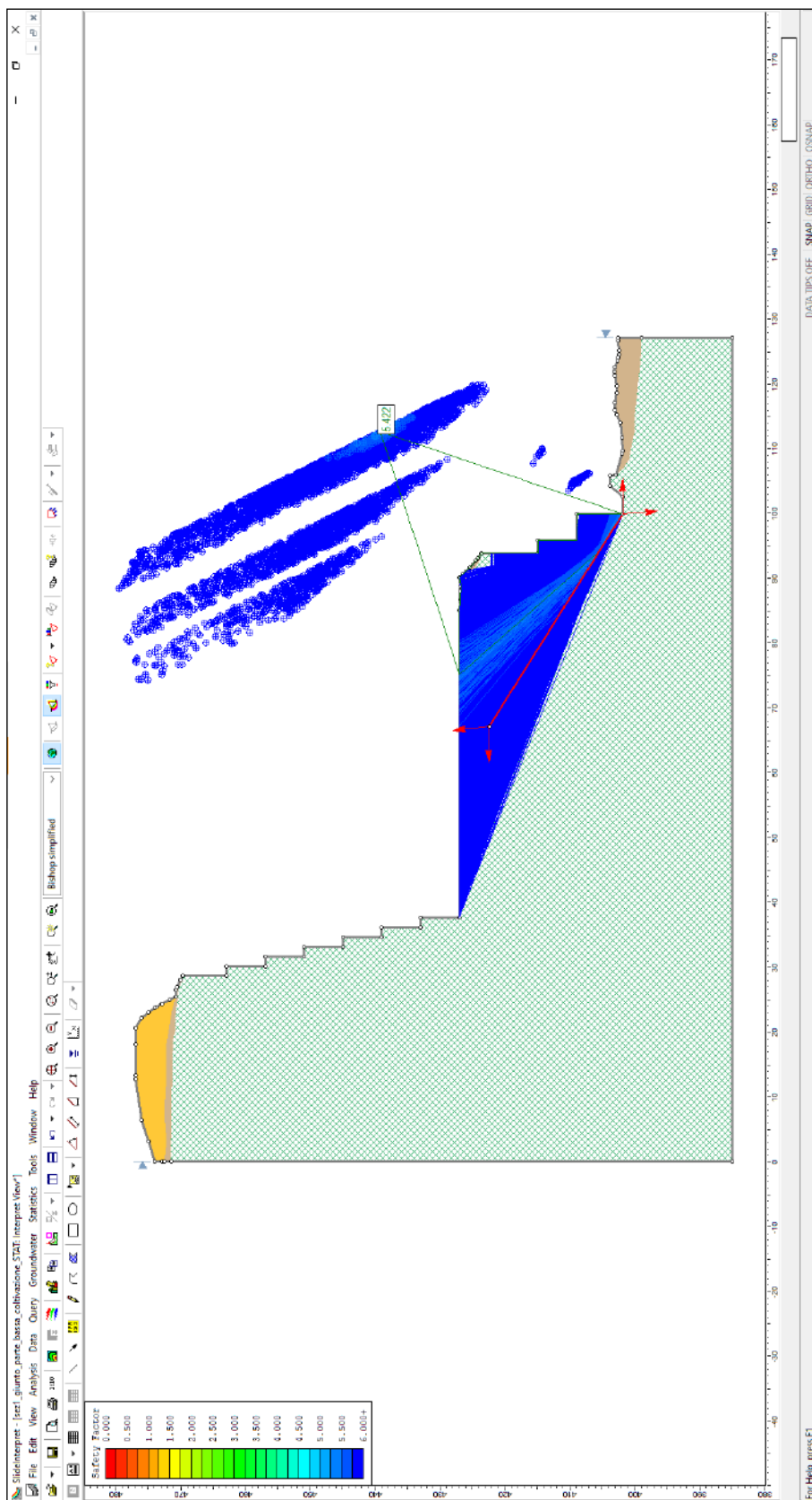
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.8 Sezione I – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – parte bassa – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>	<i>γ_r</i>	<i>Fs/γ_r</i>
Bishop semplificato	5.422	1.1	> 1



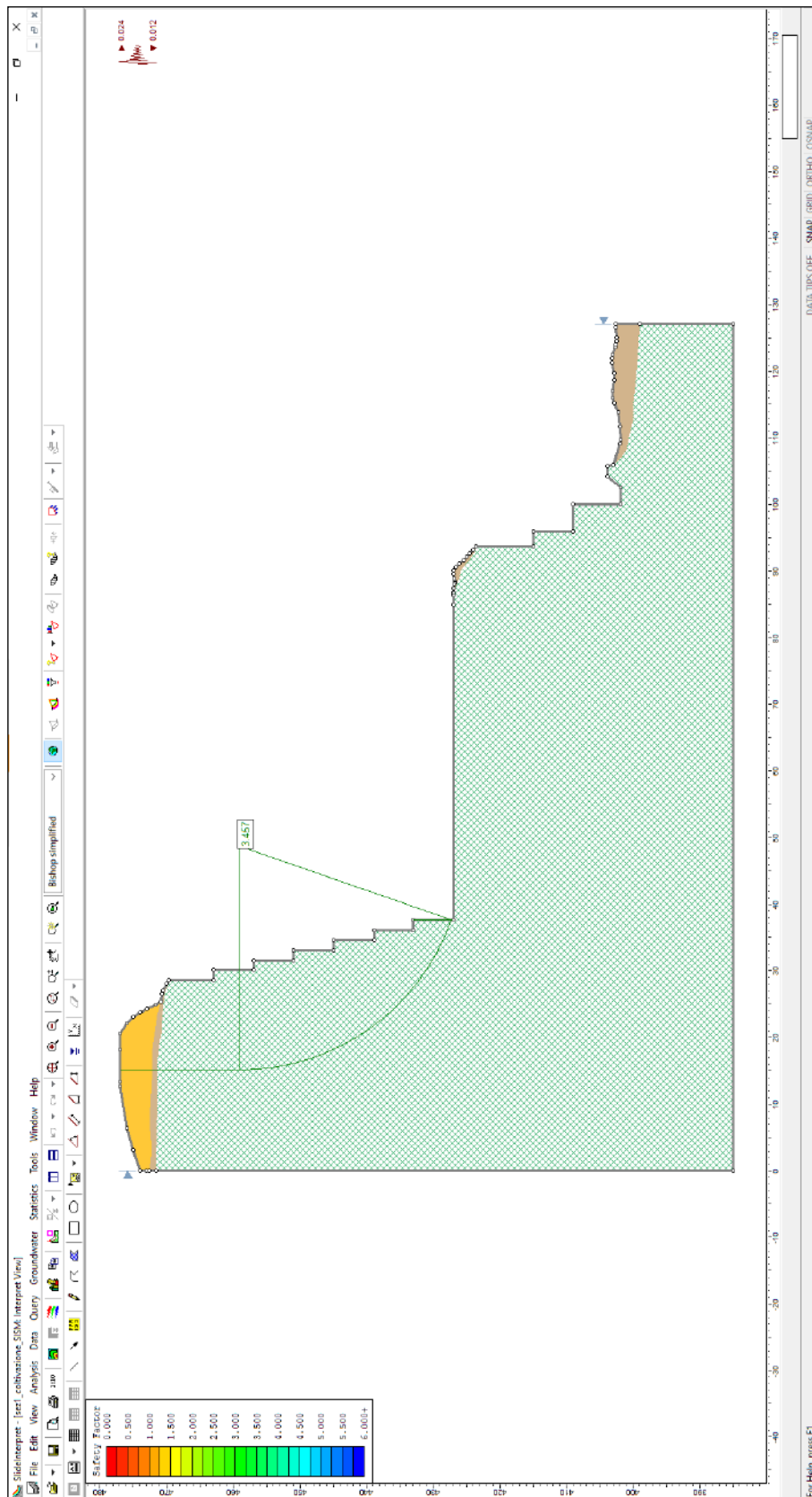
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con Fs minore



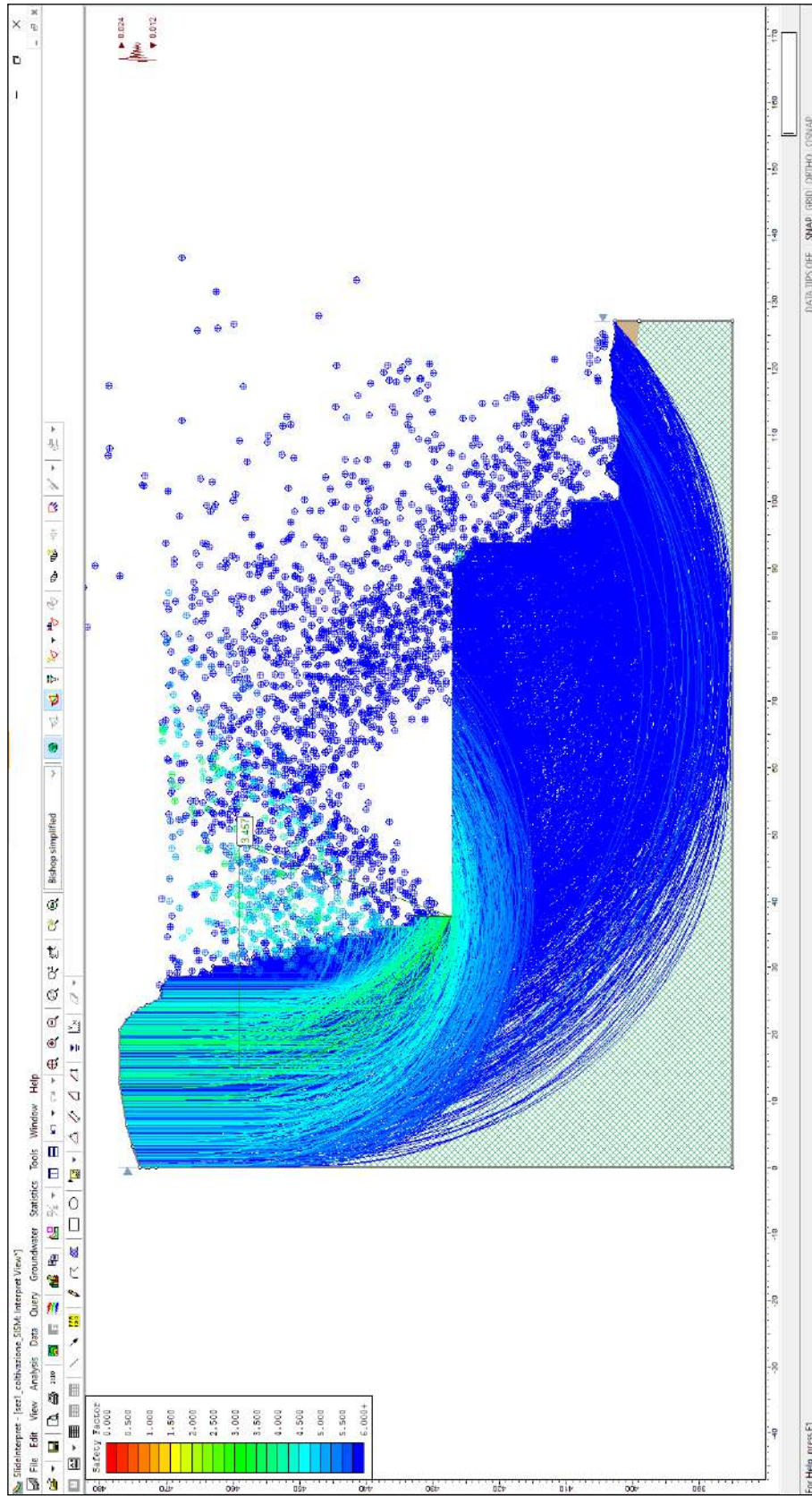
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.9 Sezione I – fase di coltivazione – condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	3.457	1.2	> 1



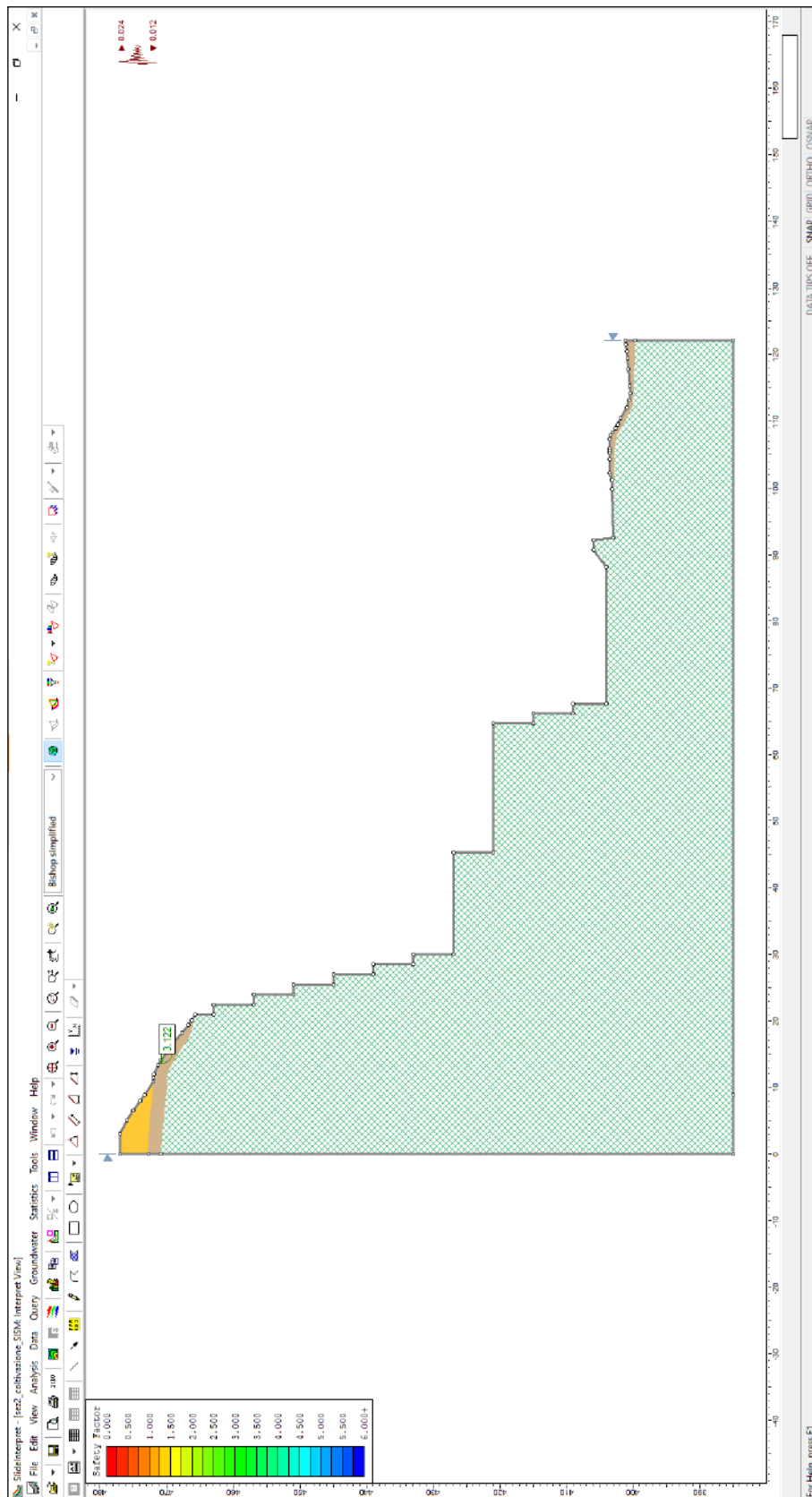
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



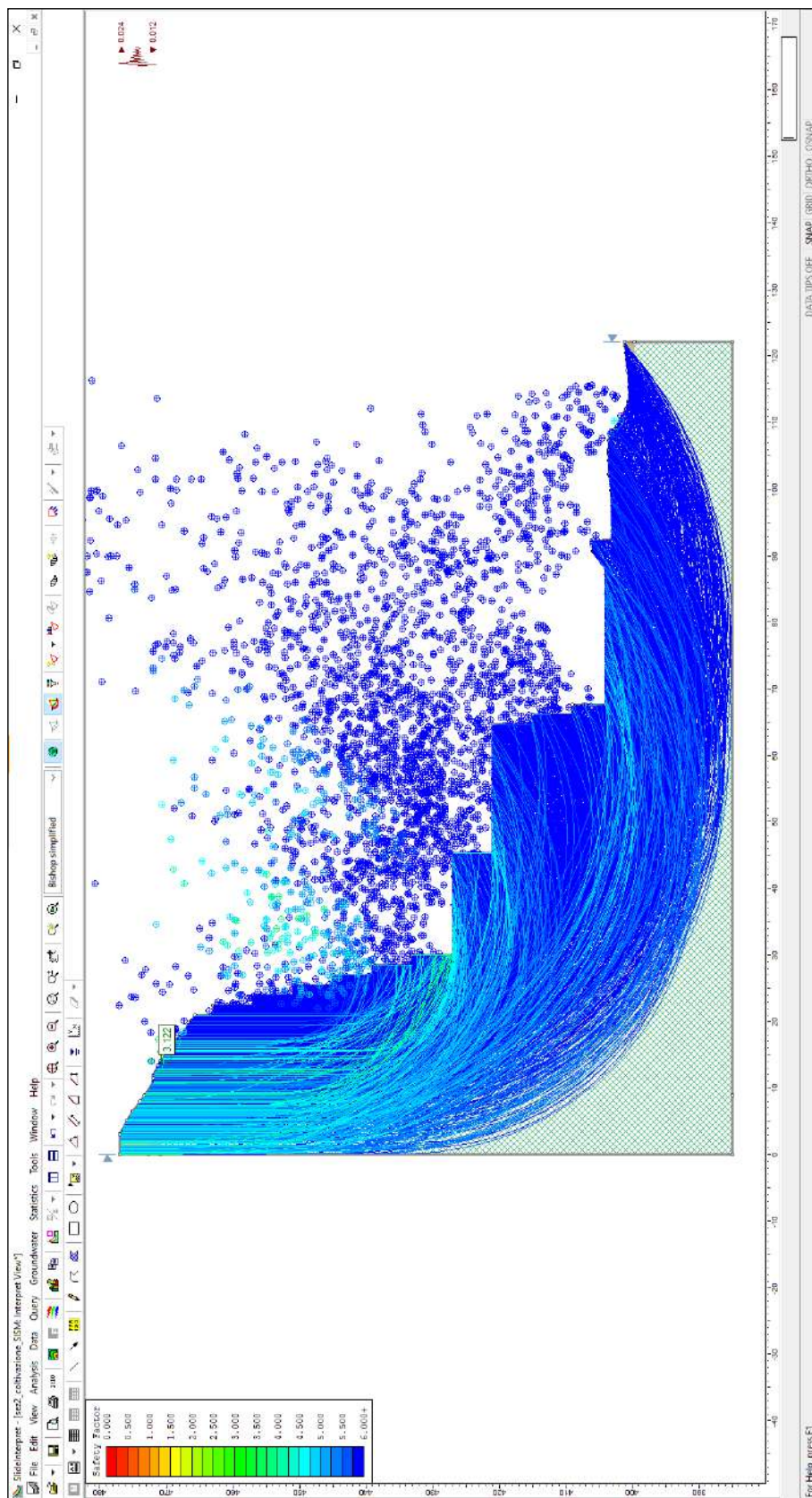
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.10 Sezione 2 – fase di coltivazione – condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>	<i>γ_r</i>	<i>Fs/γ_r</i>
Bishop semplificato	3.122	1.2	> 1



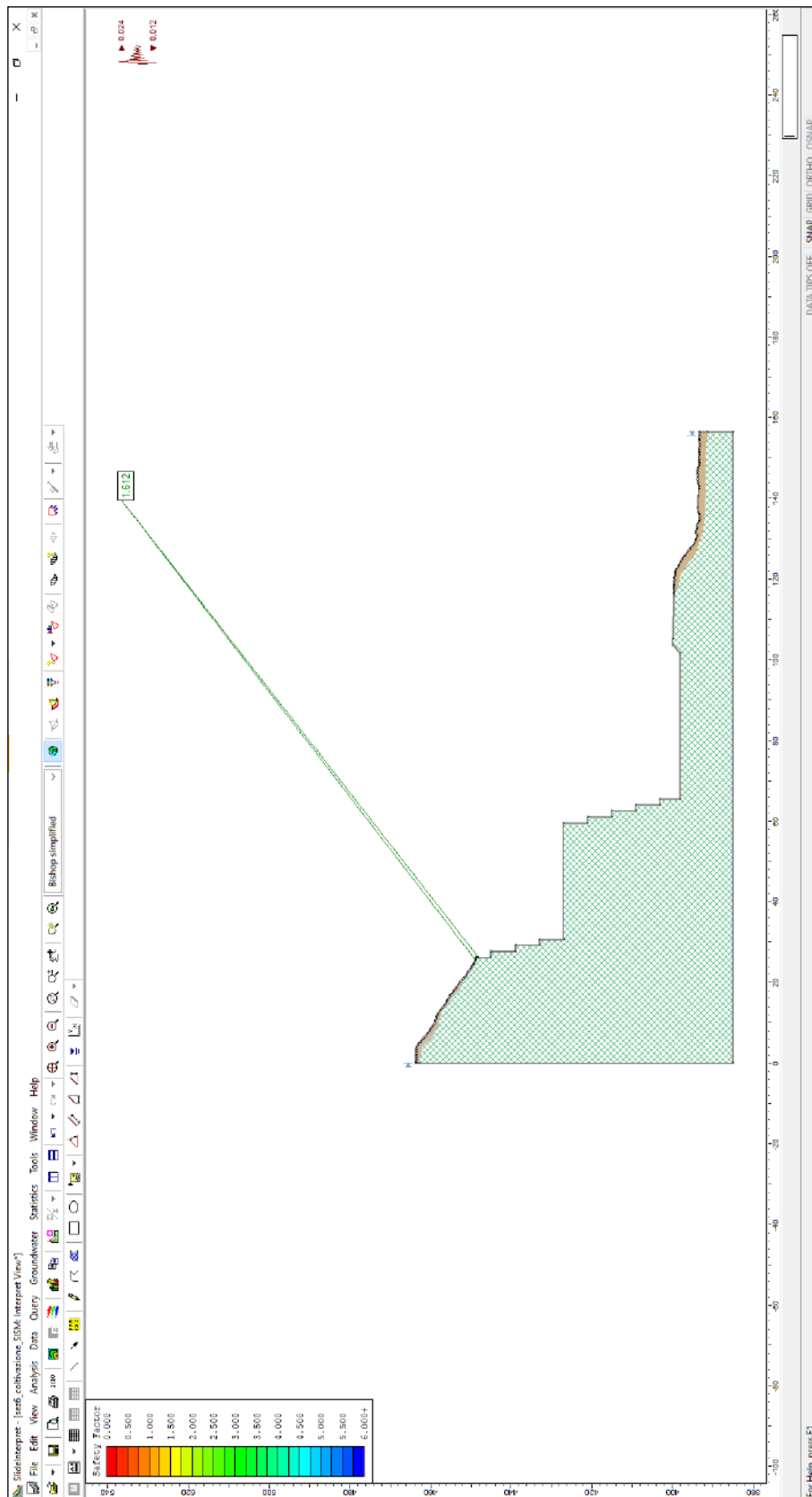
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *Fs* minore



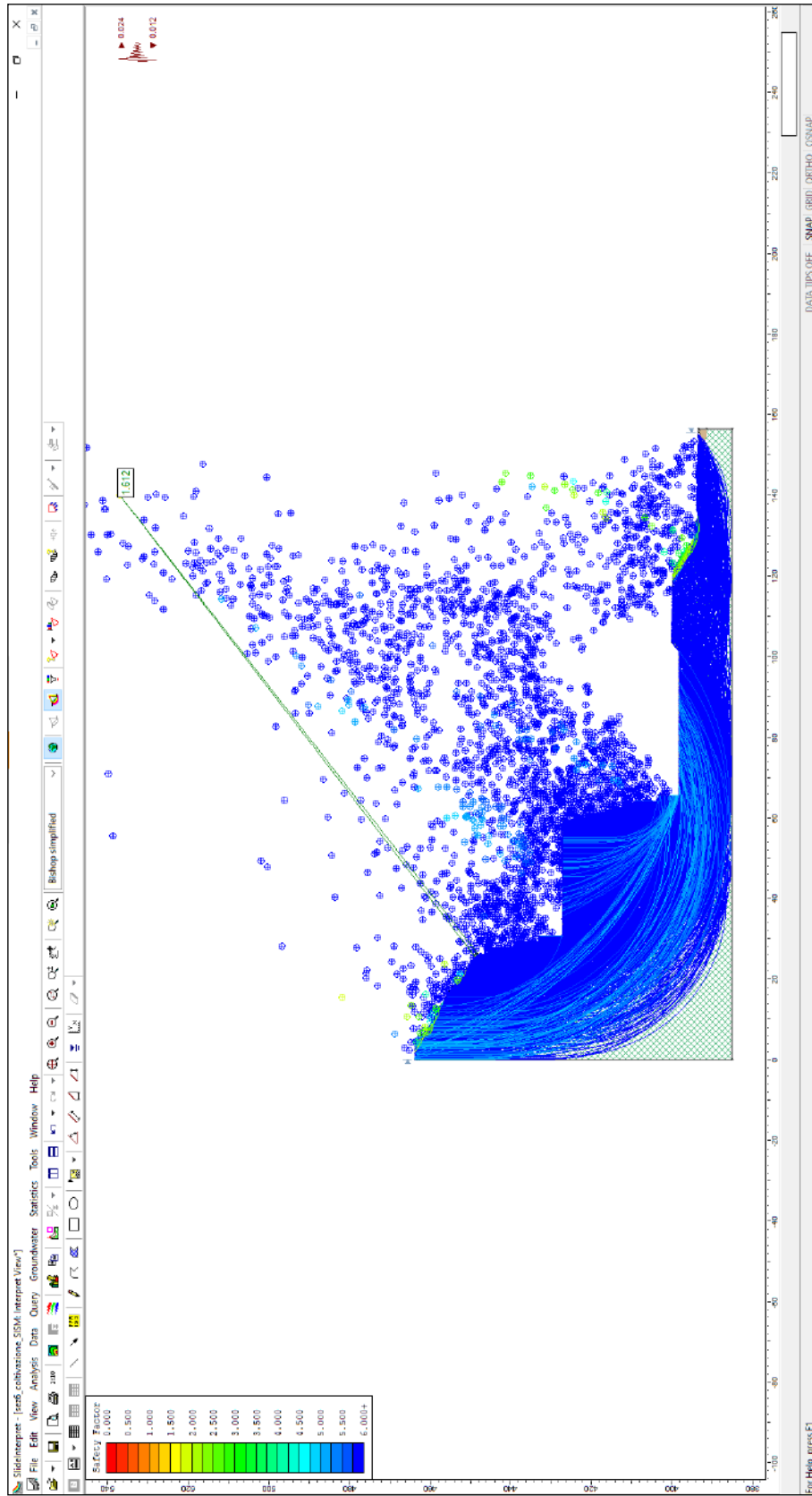
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.11 Sezione 6 – fase di coltivazione – condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.612	1.2	> 1



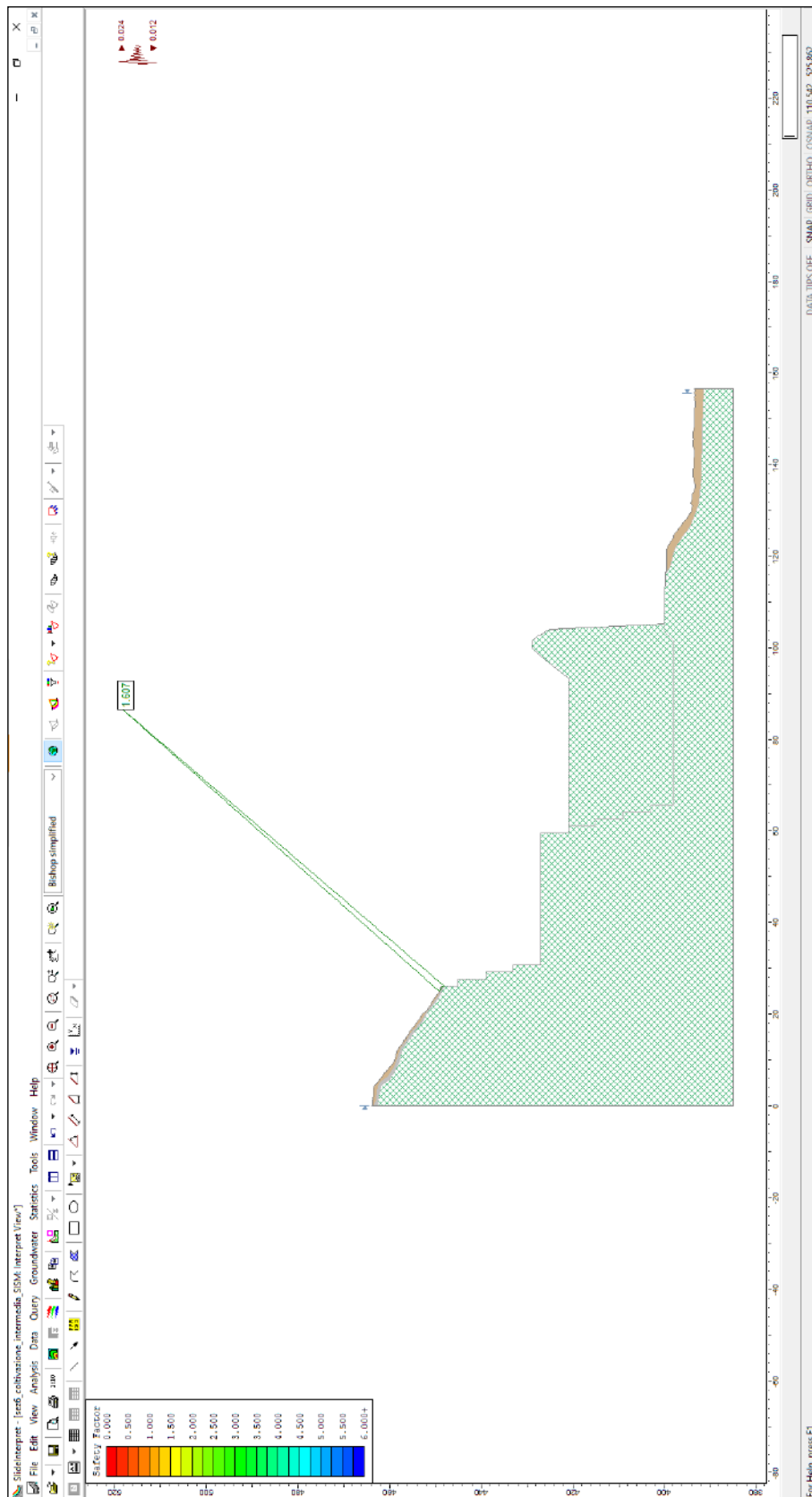
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *F_s min*



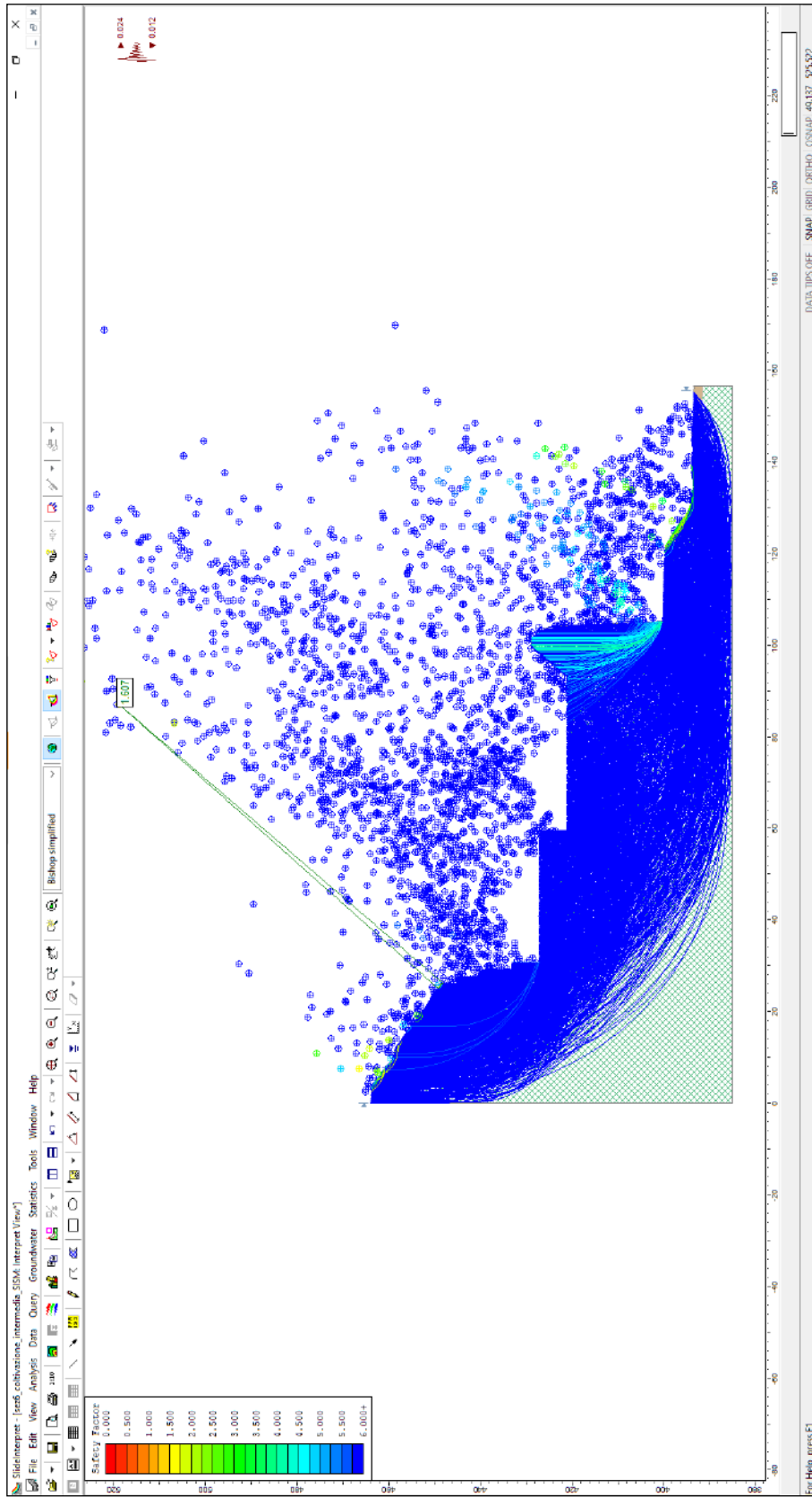
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.12 Sezione 6 – fase di coltivazione intermedia – condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>	<i>γ_r</i>	<i>Fs/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.607	1.2	> 1



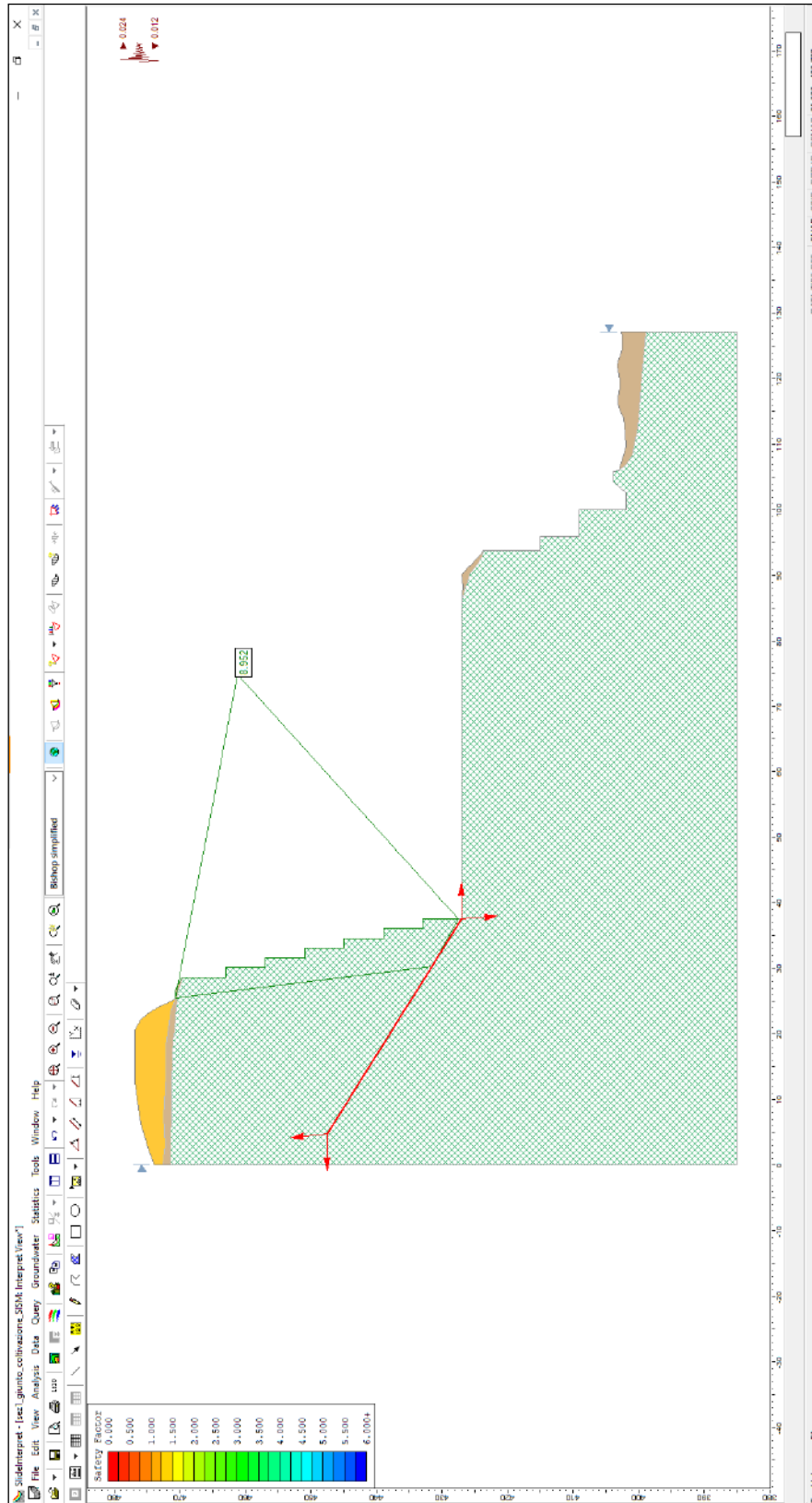
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *Fs* minore



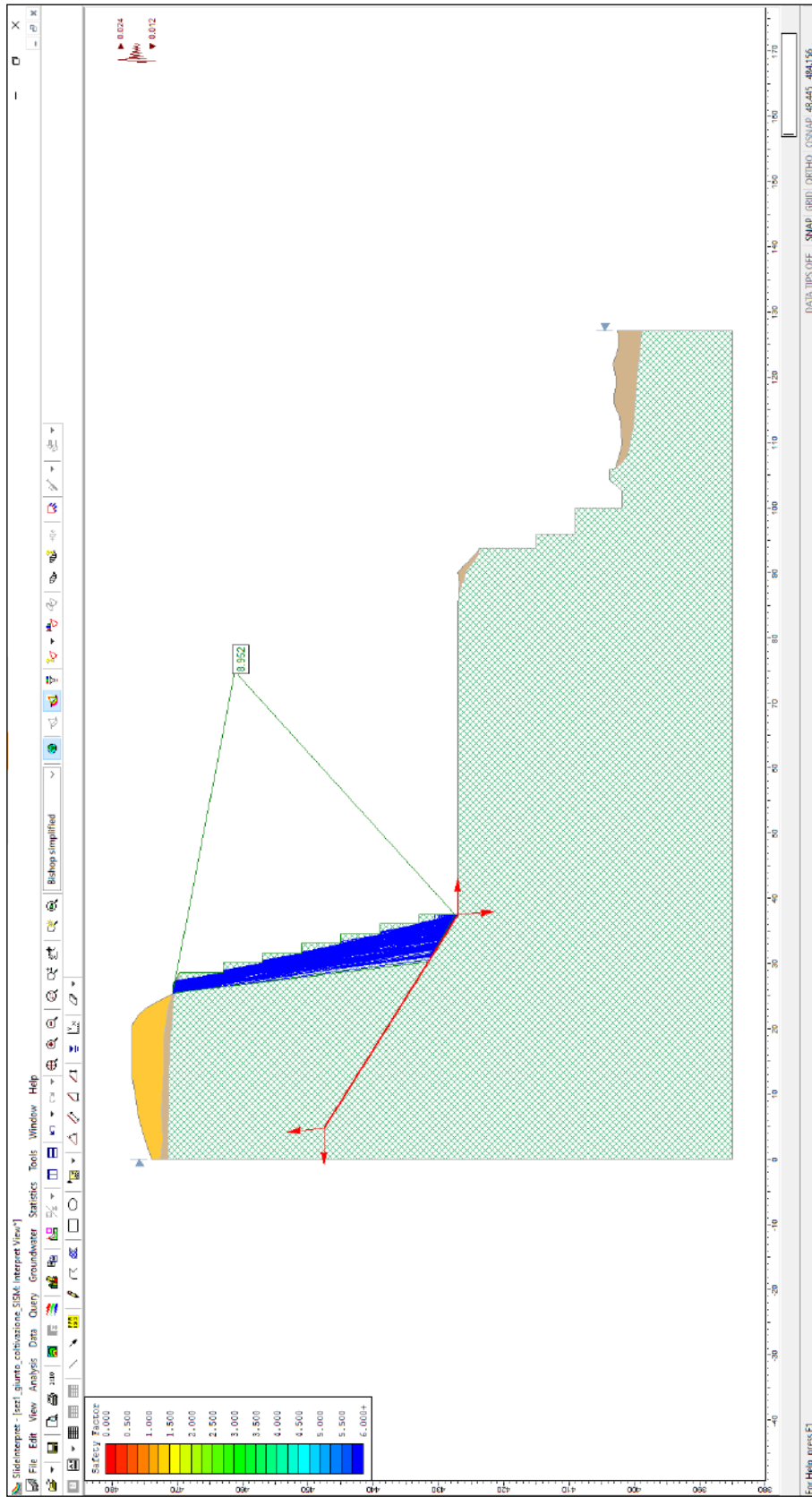
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.13 *Sezione I – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – condizioni sismiche*

Metodo di calcolo	F_s min	γ_r	F_s/γ_r
Bishop semplificato	8.952	1.2	> 1



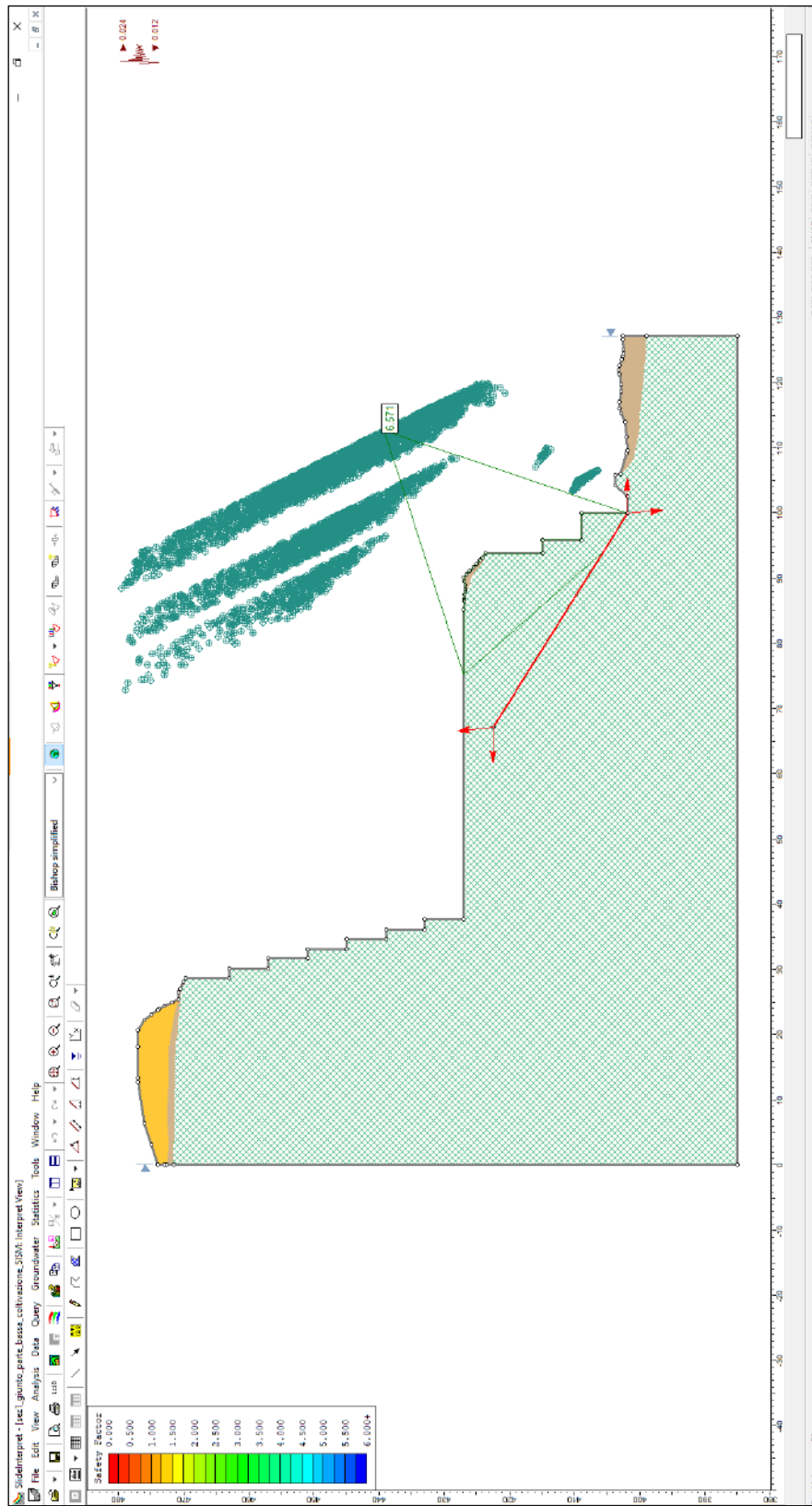
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



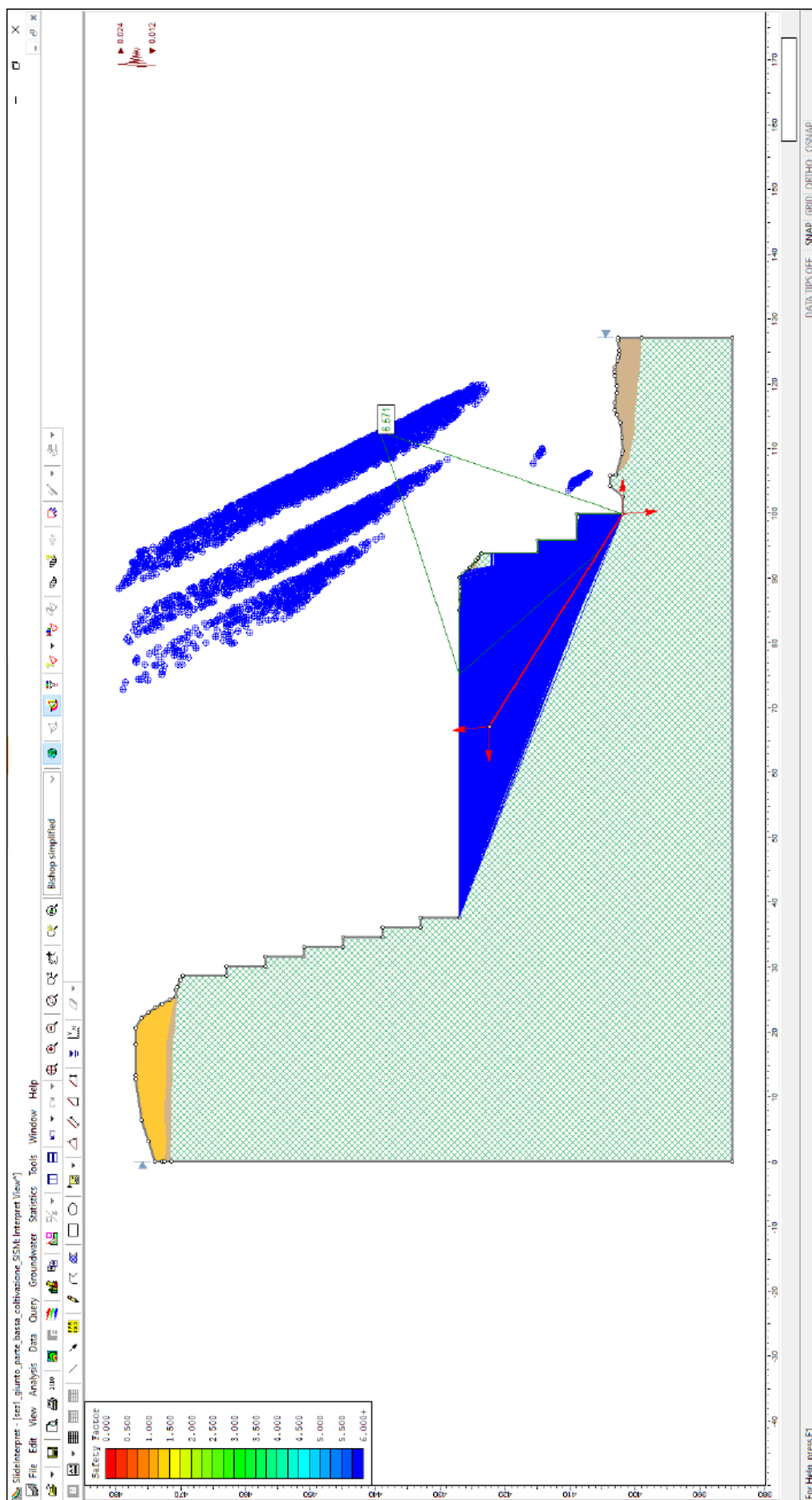
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.8.14 Sezione I – fase di coltivazione – superfici di rottura secondo SI – parte bassa–
condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>Fs min</i>	<i>γ_r</i>	<i>Fs/γ_r</i>
Bishop semplificato	6.571	1.2	> 1



Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *Fs* minore



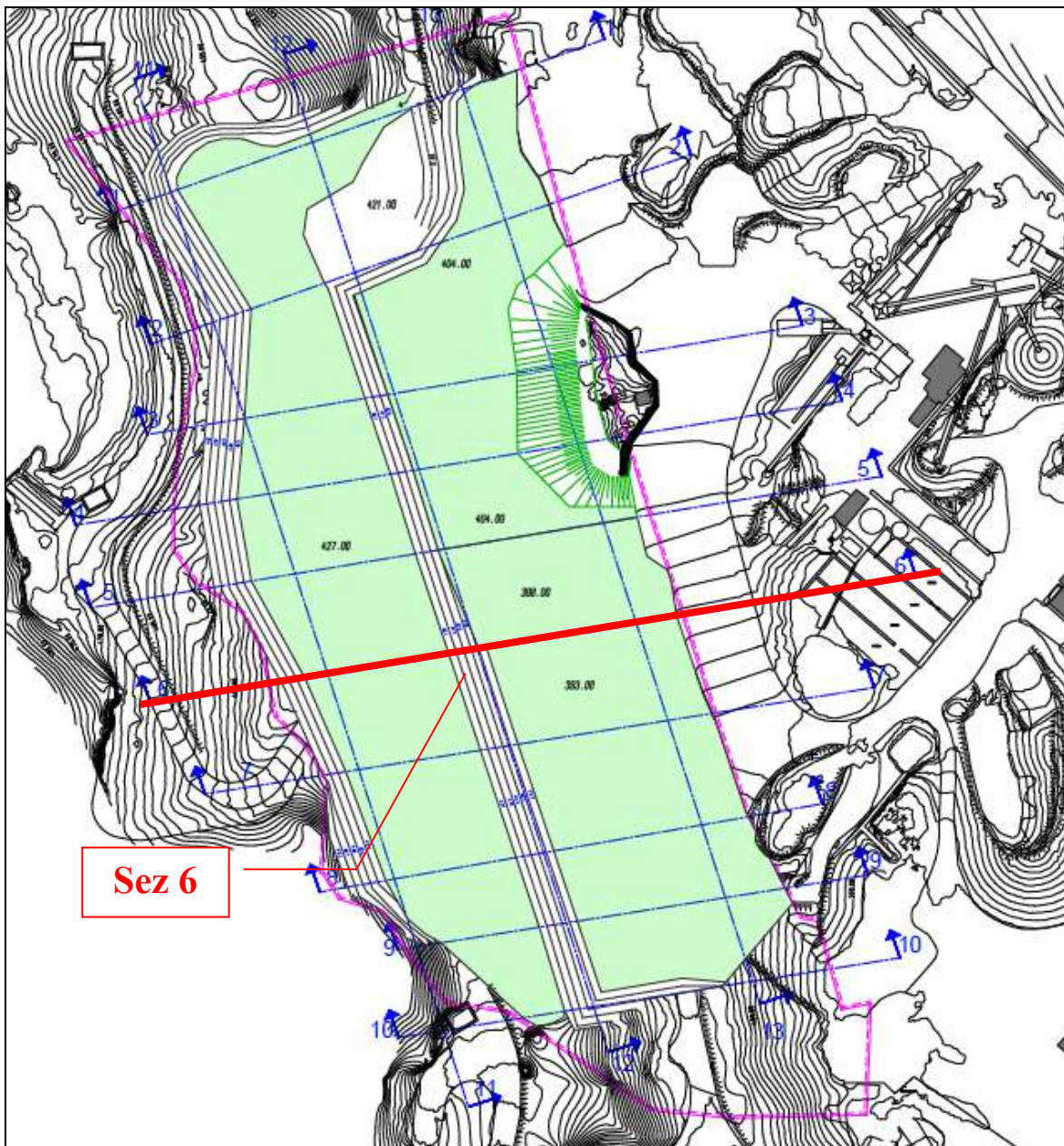
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.9 VERIFICHE DI STABILITÀ IN FASE DI RECUPERO AMBIENTALE

Le verifiche di stabilità nelle fasi di recupero ambientale sono state eseguite lungo una sola sezione critica ovvero la sezione 6, tratta dal progetto dell'ing. Fabio Croatto, in quanto del tutto simile a quelle verificate in fase di coltivazione: in effetti il recupero ambientale riguarda il riempimento esclusivamente del fondo di coltivazione, caratterizzato da una riprofilatura sub-orizzontale con uno spessore del riempimento con materiale sciolto di circa 30 cm.

Si è verificato il sistema “opera/pendio” con i criteri imposti dalle NTC 2018: le verifiche sono state dunque condotte con i parametri caratteristici dei terreni e dei materiali utilizzando i coefficienti previsti dalle norme e in condizioni di azione sismica.

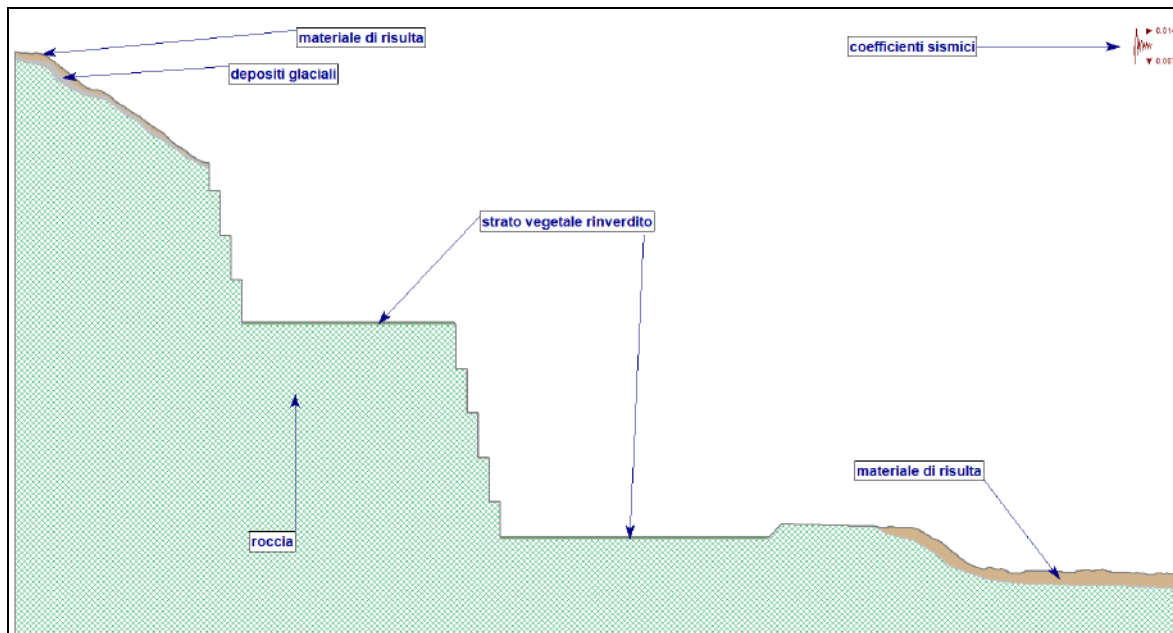
Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - roscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.



Planimetria di progetto – fase di recupero ambientale

15.9.1 *Impostazione del modello – recupero ambientale*

Il modello considerato è costituito dal versante oggetto di coltivazione nella fase di recupero ambientale.



*Verifica di stabilità con il software Slide – Fase di recupero ambientale
Nella sezione vengono evidenziati i terreni e i materiali*

Attribuiti i parametri caratteristici dei materiali e dei depositi sciolti, e stabilita la possibile geometria di rottura, la verifica di stabilità è stata effettuata con supporto informatico e per il calcolo del F_s si sono scelti per completezza diversi metodi, tenendo comunque come riferimento il metodo di Bishop semplificato.

15.9.2 *Valori di riferimento del modello geologico considerato – recupero ambientale*

Di seguito si riportano i valori utilizzati per le simulazioni nel software di calcolo:

Condizioni statiche

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None





Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	materiale di risulta	roccia	depositi glaciali	strato vegetale rinverdito
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	26	18	18
Cohesion [kPa]	4	621.6	0.8	3.2
Friction Angle [deg]	33.87	36.77	29.26	32.01
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

Condizioni sismiche

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3





Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading

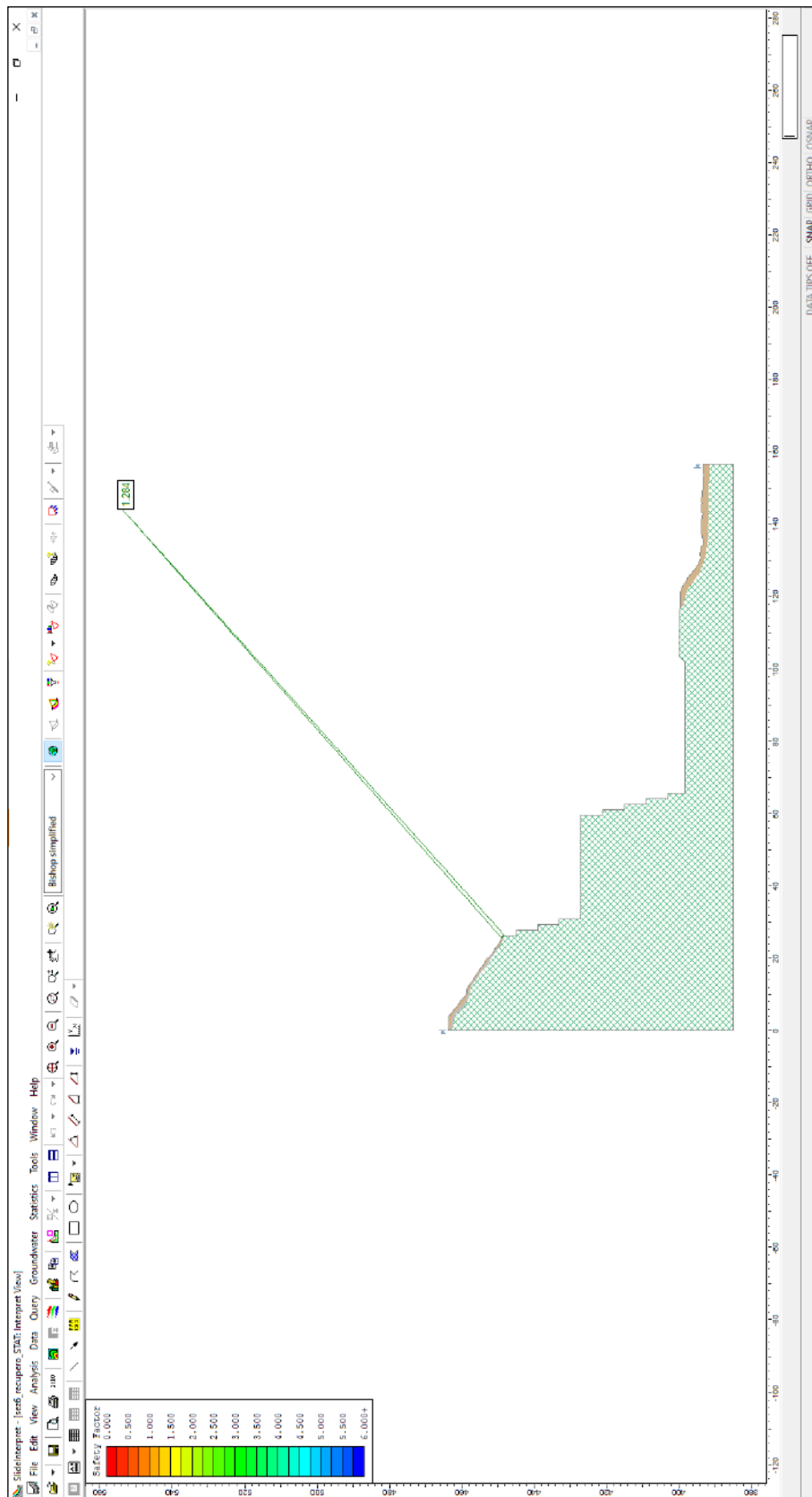
- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.014
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.007

Material Properties

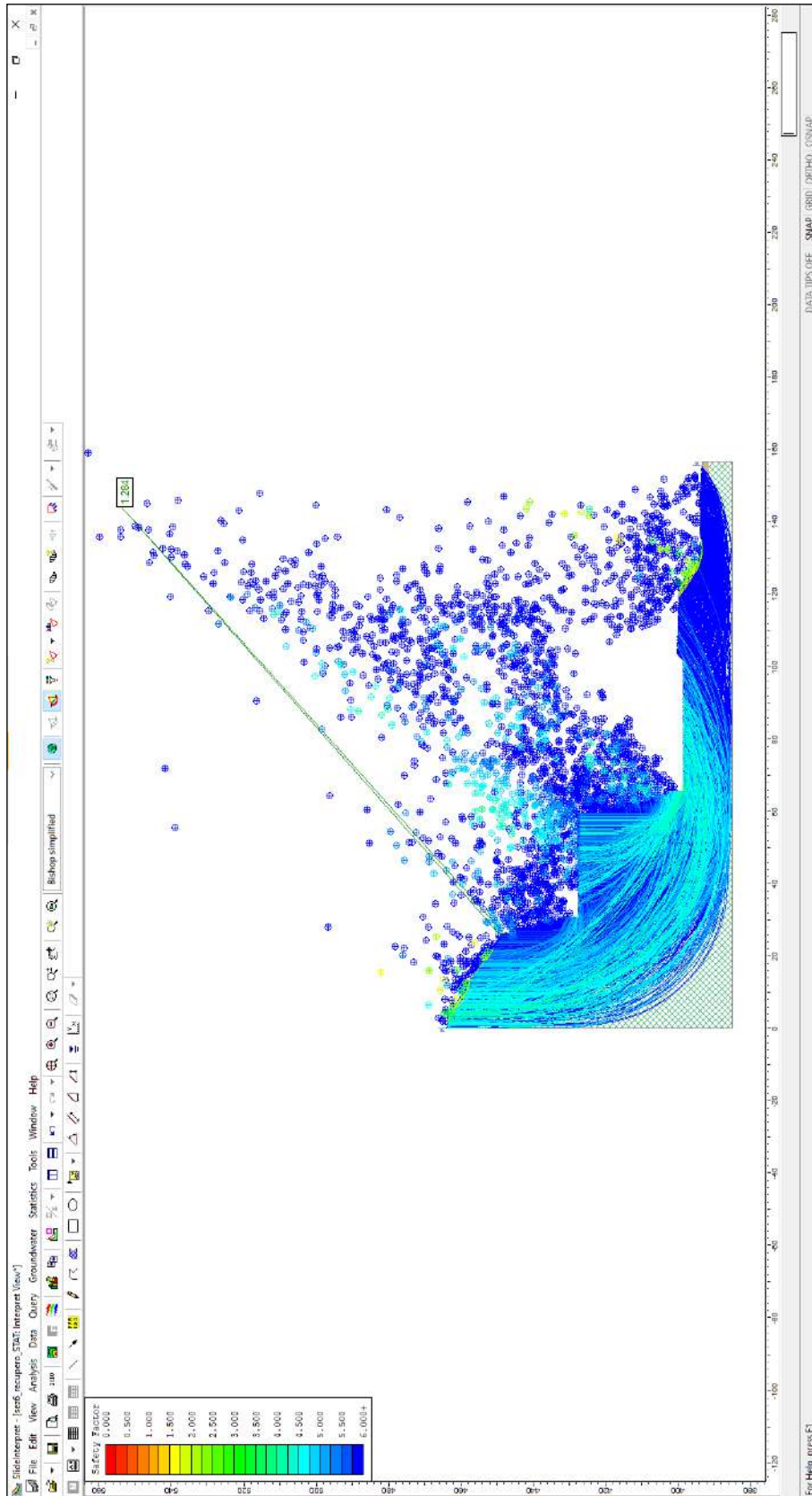
Property	materiale di risulta	roccia	depositi glaciali	strato vegetale rinverdito
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18	26	18	18
Cohesion [kPa]	5	777	1	4
Friction Angle [deg]	40	43.05	35	38
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

15.9.3 Sezione 6 – recupero ambientale – condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.284	1.1	> 1



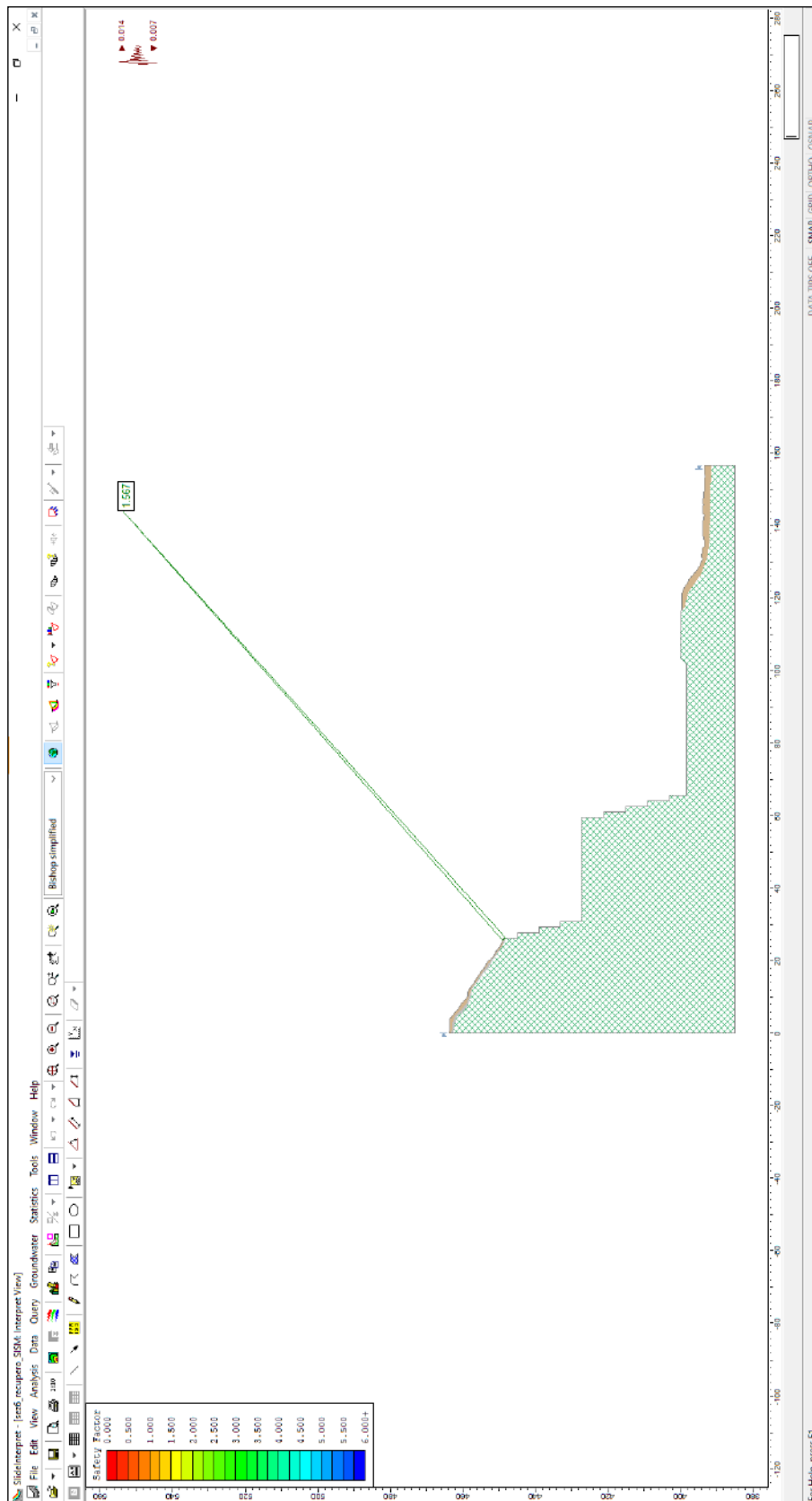
Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F_s minore



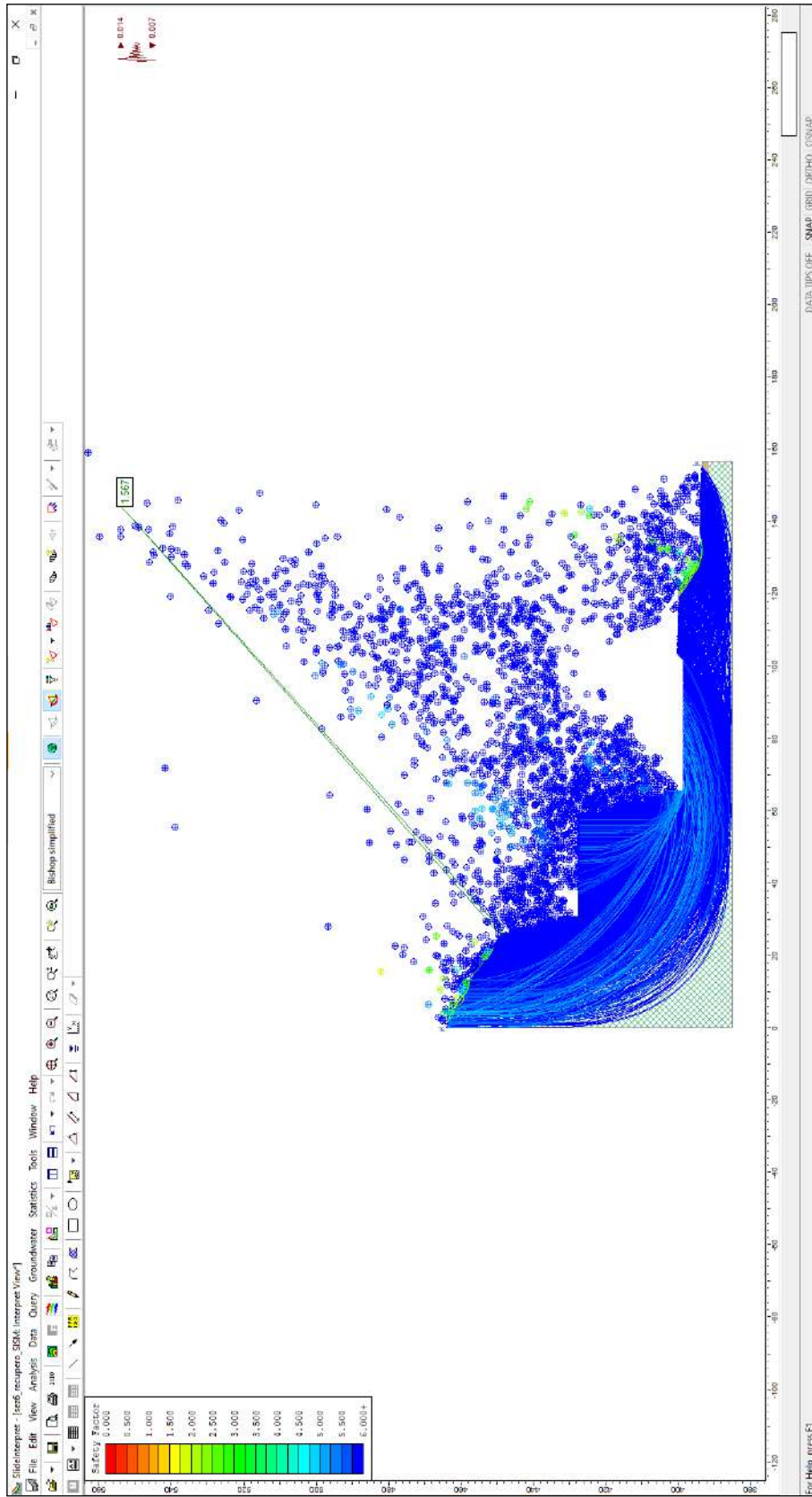
In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.9.4 Sezione 6 – recupero ambientale – condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F_s min</i>	<i>γ_r</i>	<i>F_s/γ_r</i>
Bishop semplificato	1.567	1.2	> 1



Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con *F_s min*



In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate

15.10 RISULTATI DELLE VERIFICHE

Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - roscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.

Nell'analisi di stabilità sono state considerate le configurazioni di progetto: nello specifico si sono calcolate tutte le superfici di scivolamento con valore di F_s più basso, andando ad evidenziare se le stesse interessano le opere in progetto.

Come si può osservare dall'esame dei valori di F_s ottenuti, le verifiche eseguite confermano le condizioni di stabilità raggiunte dal sistema opera/pendio nella configurazione di coltivazione e di progetto (recupero ambientale) e la condizione imposta dalle NTC 2018 $E_d \leq R_d$ risulta essere sempre soddisfatta.

Per garantire quanto sopra descritto, è necessario seguire le seguenti avvertenze:

- prevedere sui cigli delle scarpate di monte l'asportazione e la stabilizzazione del "cappellaccio" per garantire la stabilità del fronte di coltivazione;
- eseguire i disgaggi previsti sia dopo le eventuali volate che a seguito di piogge intense;
- effettuare la verifica della parete di monte prima della ripresa delle lavorazioni dopo le volate, soprattutto nei settori immediatamente a ridosso della parete rocciosa;
- effettuare la verifica della parete di monte dopo piogge intense;
- valutare continuamente la stabilità dei fronti di scavo e dei blocchi isolati, soprattutto dopo intense precipitazioni;
- curare la realizzazione di frequenti scoline trasversali sui riporti e sulle piste temporanee, soprattutto nei tratti maggiormente acclivi;
- impedire l'accesso alla cava in concomitanza di allerta meteo segnalate dal Centro Funzionale della RAVA;
- eseguire scrupolosamente quanto previsto nel DSS;
- prevedere che il profilo del terreno al termine dei lavori di restauro pedologico abbia una leggera pendenza atta a evitare i ristagni e a favorire l'evapotraspirazione;
- realizzare il recupero ambientale attenendosi alle prescrizioni redatte nella relazione pedologica (allegato A).

16. ANALISI PEDOLOGICA

Per l'analisi pedologica si rimanda all'allegato A.

17. SPECIFICO STUDIO SULLA COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE E SULL'ADEGUATEZZA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IN ATTO E DI QUELLE CONSEGUIBILI CON LE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO NECESSARIE

Come definito dalla Delibera della Giunta regionale 2939 del 10 ottobre 2008, si tratta di studi di carattere geologico, idrogeologico e idraulico volti ad individuare le eventuali conseguenze della realizzazione dell'intervento sullo stato di dissesto, a valutare dal punto di vista tecnico le conseguenze del dissesto sull'opera che si intende realizzare, vale a dire la vulnerabilità dell'opera stessa, e a individuare gli eventuali interventi di protezione o di messa in sicurezza necessari.

1. Individuazione della classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento proposto, come specificato nel paragrafo "Interventi edilizi"

L'intervento in oggetto si configura come nuova coltivazione.

2. Caratterizzazione dei vincoli presenti (in base agli artt. 35, 36 e 37 della l.r. n. 11/1998, oppure perimetrazione del P.A.I. in assenza delle cartografie degli ambiti inedificabili) nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare, rappresentati su idonea cartografia

Il settore di coltivazione rientra nelle zone F1 e F2 per frana.

3. Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo

La pericolosità del settore è determinata dalla possibilità che si verifichino fenomeni di crollo dalle falesie rocciose soprastanti e/o colate che possono interessare i depositi sciolti presenti sul versante.

Il catasto dissesti indica che lungo il versante si è verificata solamente una frana di scivolamento nel 2000. La frana è stata mitigata con imponenti opere di movimentazione terra, nonché di drenaggio e smaltimento delle acque.

Di seguito si riportano gli schemi che hanno portato alla zonizzazione del settore occupato dal centro di recupero.

F1 PRESENTE		
Problematica	Presenza nell'area	Motivazione
1) frane di crollo coinvolgenti elevati volumi, estese superfici, e con marcato stato di attività	NO	sul versante si hanno diverse falesie rocciose ma il catasto dissesti non riporta eventi di crollo
2) coni e falde detritiche decisamente attive e sovrastanti zone di alimentazione, ove non venisse effettuata una perimetrazione specifica ai sensi dell'art. 35, comma 2	NO	
3) aree di versante acclive fortemente imbibite interessanti elevati spessori di terreni di copertura con caratteristiche geotecniche scadenti	NO	
4) frane di scivolamento e colamento coinvolgenti spessori di terreno superiori a qualche metro o ad alta pericolosità	SI	settore a monte della cava dove si è verificata una frana di scivolamento nel 2000. La frana è stata mitigata con imponenti opere di movimentazione terra, nonché di drenaggio e smaltimento delle acque
5) ghiacciai	NO	

F2 PRESENTE		
Problematica	Presenza nell'area	Motivazione
1) estesi settori con acclività > 50°;	SI	falesie a monte ed a valle della cava
2) modesti fenomeni di crollo sporadico ed isolato da pareti rocciose;	SI	falesie a monte ed a valle della cava
3) coni detritici, falde detritiche e coni misti sporadicamente attivi, ove non venisse effettuata una perimetrazione specifica ai sensi dell'art. 35, comma 2;	NO	
4) fenomeni crionivali (rock glaciers, ecc.);	NO	
5) porzioni di accumuli di frana e di paleofrana riconosciuti, corrispondenti ai settori più acclivi ed imbibiti o pericolosi;	NO	
6) frane di scivolamento e colamento di piccole dimensioni;	NO	
7) terreni di copertura privi di vegetazione, non ancora stabilizzati e quindi facilmente soggetti ad erosione (es. morene recenti);	NO	
8) settori di versante acclive fortemente imbibite, caratterizzati da spessori limitati di terreno con caratteristiche geotecniche scadenti.	NO	

4. Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

La realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con il dissesto presente nell'areale, a condizione che si abbia la massima cura nell'esecuzione delle opere di coltivazione come previste. L'analisi di rischio ha infatti evidenziato che i livelli di rischio risultano compatibili con quelli previsti dalla normativa.

5. Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata

In considerazione delle problematiche rilevate e del grado di rischio individuato, l'opera in fase di coltivazione presenta una vulnerabilità media e risulta compatibile con l'uso al quale è destinata. La compatibilità è comunque subordinata al rispetto delle precauzioni indicate nel paragrafo seguente, oltre al divieto di accesso al cantiere in concomitanza di piogge intense e prolungate.

Una volta eseguito il ripristino ambientale l'area presenta sempre una vulnerabilità medio-bassa, senza modificare tuttavia le condizioni di rischio delle infrastrutture presenti a valle.

6. Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato

Per ridurre la pericolosità del fenomeno e la vulnerabilità dell'opera, è necessario eseguire le seguenti opere:

- prima dell'inizio della coltivazione, eseguire dei disgaggi lungo le falesie di monte prossime alla coltivazione e gli speroni insistenti sulla cava ed a valle della stessa;
- prevedere, sul ciglio di scarpata, l'asportazione e/o la stabilizzazione del "cappellaccio" per garantire la stabilità del fronte di coltivazione;
- al fine di stabilizzare i materiali sciolti presenti sul ciglio di scarpata, utilizzare il seguente schema esecutivo che prevede delle opere provvisori:

<i>Inclinazione pendio</i>	<i>Opere provvisionali</i>
Pendio compreso tra 0° e 40°	Inerbimento e piantumazione arbusti
Pendio compreso tra 41° e 45°	Posa di geojuta e rete metallica a maglia esagonale ben addossata al terreno e legata con piloti metallici, semina e/o idrosemina e piantumazione di arbusti oppure realizzazione di palificate semplici

- seguire scrupolosamente le indicazioni ed i tempi di esposizione riportati nell'analisi di rischio;
- vietare l'accesso alla cava in concomitanza con le allerte meteo segnalate dal Centro Funzionale della RAVA;
- movimentare il materiale di preferenza orizzontalmente ponendo particolare attenzione alla stabilità di ogni singolo blocco;
- valutare continuamente la stabilità dei fronti di coltivazione e dei blocchi isolati con attenzione a possibili fenomeni precursori di potenziali instabilità, tenendo conto dei diversi comportamenti geomorfologici e geotecnici;
- in ogni fase della coltivazione e del ripristino, mantenere costantemente in efficienza il reticolo idraulico delle acque superficiali;
- limitare il ristagno realizzando a contatto con la roccia uno strato di materiale granulare atto a drenare l'acqua d'infiltrazione;
- favorire il riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo, limitando allo stretto necessario gli attingimenti di acque da reti esterne;
- prevedere che il profilo del terreno al termine dei lavori di restauro pedologico abbia una leggera pendenza atta a evitare i ristagni e a favorire l'evapotraspirazione;
- realizzare i gradoni con adeguata contro-pendenza verso monte nella pedata;
- realizzare fossette al piede dei singoli gradoni, dotate di adeguata pendenza verso il collettore;
- contenere le acque di lavorazione al piede del taglio;
- pulire regolarmente i piazzali e le aree di lavorazione in modo tale da poter riconoscere sempre eventuali ostacoli;
- gestire correttamente i carburanti e i rifiuti di cava (oli, filtri, ecc.);
- prevedere una procedura da attuarsi in caso di sversamenti accidentali;
- eseguire la manutenzione dei macchinari di cava;
- addestrare il personale alla corretta gestione delle macchine, ad operare nel caso di sversamenti accidentali e alla salvaguardia delle acque dalla contaminazione;
- effettuare la costante manutenzione delle opere di drenaggio, controllando che le acque vengano correttamente coltate nelle vasche di decantazione e accumulo;
- seguire scrupolosamente lo schema di seguito riportato:

FASE LAVORATIVA	MISURE PREVENTIVE	INTERVENTI
<i>Fase preventiva</i>	Realizzazione della recinzione lungo tutto il fronte. Prima dell'inizio dei lavori di messa in sicurezza verifica dei pendii a monte ed a valle della cava. Predisporre il sistema di raccolta e smaltimento delle acque superficiali.	Realizzazione della recinzione. Disgaggio dei massi instabili od altri interventi atti ad eliminare i fattori di rischio. Durante queste operazioni dovranno essere sospese le attività alla base della parete e chiusa temporaneamente la strada sterrata di accesso. Posizionamento delle tubazioni di raccolta delle acque e delle vasche di raccolta.
<i>Fase operativa</i>	Valutazione della presenza di blocchi instabili creati durante le lavorazioni. Sospensione dei lavori in occasioni di forti e prolungate precipitazioni.	Disgaggio dei massi instabili od altri interventi atti ad eliminare i fattori di rischio. Durante queste operazioni dovranno essere sospese le attività alla base della parete e chiusa temporaneamente la strada sterrata di accesso.
<i>Fase operativa</i>	Realizzazione della cava così come previsto dal progetto.	Realizzazione di quanto previsto in progetto. Seguire scrupolosamente le indicazioni ed i tempi di esposizione riportati nell'analisi di rischio
<i>Manutenzione ordinaria</i>	Controllo dei pendii a monte delle lavorazioni a seguito di abbondanti precipitazioni piovose o soste prolungate o comunque almeno una volta all'anno. Impedire con opportuna segnaletica l'accesso alle persone non autorizzate.	In caso di rischio disgiungere i massi instabili od altri interventi atti ad eliminare i fattori di rischio. Durante queste operazioni dovranno essere sospese le attività alla base della parete e chiusa temporaneamente la strada sterrata di accesso. Valutare l'efficacia e l'efficienza delle eventuali opere provvisorie di stabilizzazione dei materiali sciolti presenti sul ciglio di scarpata.

- realizzare il recupero ambientale attenendosi alle prescrizioni redatte nella relazione pedologica (allegato A);

L'efficacia degli interventi di protezione e di mitigazione risulta notevole, mentre l'efficienza dipende dalla manutenzione nel tempo degli stessi.

7. Conclusioni della verifica che dichiarino che l'intervento, così come progettato, risulta compatibile con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della l.r. n. 11/1998

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, le opere, così come progettate, risultano compatibili con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della l.r. n. 11/1998.

18. COERENZA CON IL PTA

18.1 ARTICOLO 19

I terreni oggetto di intervento non ricadono nelle aree di salvaguardia, zone di tutela assoluta o di rispetto di sorgenti o pozzi utilizzabili per il consumo umano.

18.2 ARTICOLO 42

Il Piano di Tutela delle Acque prevede che per le fasce A e B di cui all'art. 36 l.r. 11/98 devono essere adottate specifiche misure di tutela ambientale finalizzate a garantire la tutela o il recupero dei corsi d'acqua e degli ecosistemi fluviali. In tali fasce sono ammissibili degli interventi nel rispetto della loro compatibilità con gli indirizzi generali di tutela ambientale e previa verifica dell'impossibilità di realizzare i medesimi al di fuori delle fasce stesse.

Nelle fasce A devono essere privilegiati gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali e all'eliminazione, ove possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica. Deve essere assicurato il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione compatibilmente con le condizioni di sicurezza idraulica e con le interferenze antropiche esistenti, perseguendo il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

Nella fascia B devono essere privilegiati gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali e ove possibile all'eliminazione dei fattori incompatibili di interferenza antropica cercando di mantenere o migliorare le condizioni di drenaggio superficiale evitando interferenze negative con le falde freatiche esistenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

La cava non ricade nelle fasce A e B di cui all'art. 36 l.r. 11/98.

18.3 ARTICOLO 43

A tutela delle caratteristiche qualitative delle acque superficiali e dell'ecosistema fluviale il PTA richiede di evitare la realizzazione di interventi, opere e infrastrutture in una fascia di 20 m dalle sponde, fatta salva l'impossibilità della loro realizzazione in altro sito per ragioni tecniche e funzionali.

In tale fascia sono tuttavia ammessi i seguenti interventi:

- Interventi di protezione dalle piene
- Interventi per il prelievo delle acque
- Sentieri
- Limitate strutture accessorie destinate all'escursione
- Strutture destinate all'utilizzo ricreativo e sportivo dei corpi idrici stessi.

Tali opere devono comunque salvaguardare le caratteristiche morfologiche e naturalistiche dei corpi idrici. Relativamente a trasformazioni o destinazioni di luoghi a scopo agricolo le stesse, non sono ammesse fino ad una distanza di 15 metri dalla sponda dei corpi idrici superficiali classificati come significativi o di particolare pregio oppure di 10 metri per tutti gli altri corpi idrici.

La cava è posta ad una distanza maggiore di 20 m dalle sponde dei corsi d'acqua.

19. COERENZA CON L'ART 41 L.R. 11/98 E RD 523 1904

L'Art. 41 prevede che deve essere garantita una fascia di rispetto dei corsi d'acqua naturali di ampiezza pari a 10 metri nella quale è vietata la realizzazione di nuove costruzioni, l'ampliamento di quelle esistenti e l'esecuzione di scavi o riporti di terreno, al fine di assicurare la tutela delle acque e la distanza delle costruzioni dagli argini e dalle sponde dei corsi d'acqua per consentirne la manutenzione.

Nella fascia di rispetto dei 10 m può essere autorizzata, in casi eccezionali, quando non è tecnicamente possibile rispettare la distanza, la realizzazione di interventi non consentiti in relazione alle peculiari condizioni degli argini, delle sponde e delle dinamiche del corso d'acqua, avendo sempre riguardo alla loro tutela e manutenzione.

La cava non ricade in fasce dell'art. 41 della L.R. 11/98 ed è posta ad una distanza maggiore di 10 m dalle sponde dei corsi d'acqua.

20. CONFORMITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il settore ove verranno realizzate le opere ricade nelle zone interessate dal vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267 del 30 dicembre 1923 (Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani).

L'intervento si configura come realizzazione di una cava.

La realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con il vincolo presente nell'areale, a condizione che si eseguano gli interventi di protezione previsti nel capitolo precedente.

Ai sensi della DGR 1197 del 2020:

- *sono soggetti ad autorizzazione di vincolo idrogeologico gli interventi e le attività ricadenti nelle zone soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del regio decreto legge 30 dicembre 1923, n. 3267 (Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani), consistenti in:*
 - *movimentazioni di terra che comportano il cambiamento dell'assetto idrogeologico o la modificazione, anche solo temporanea, dell'originaria destinazione del territorio, salvo che si tratti di interventi e attività non assoggettati a regime autorizzatorio, come individuati dalla Giunta regionale con propria deliberazione (comma 1, lettera a);*
 - *trasformazioni delle aree boscate di cui all'articolo 33, commi 2 e 4, della legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 (Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta), che comportano l'eliminazione della vegetazione esistente e l'asportazione o modificazione del profilo del suolo forestale, finalizzate a un'utilizzazione del predetto suolo diversa da quella forestale (comma 1, lettera b);*
- *non sono soggetti ad autorizzazione gli interventi e le attività di movimentazione di terra ricadenti in aree comprese nelle zone di cui all'articolo 22, comma 1, lettere a), b), c), d) e f), della l.r. 11/1998, dei piani regolatori generali comunali urbanistici e paesaggistici (PRGC), vale a dire in zone territoriali già edificate o destinate all'edificazione (comma 2).*

Nel nostro caso, essendo le opere poste in zona E (Ed01*) del PRGC e con interventi eccedenti quelli previsti dall'art 3. della DGR (Interventi esclusi dal regime autorizzatorio in zone vincolate²), si ritiene che debba essere richiesto il parere.

² a) Demolizione e ricostruzione a pari volumetria di manufatti preesistenti. Con tale definizione si intende la demolizione totale o parziale con ricostruzione successiva della identica quantità di volumetria, con una tolleranza del 20% nelle dimensioni di pianta e altezza;

b) Scavi di modeste entità fino a 50.00 mc (in base al bilancio di produzione dei materiali inerti da scavo e dei materiali inerti da demolizione e costruzione redatto ai sensi dell'articolo 16 della legge regionale 3 dicembre 2007, n. 31 (Nuove disposizioni in materia di gestione dei rifiuti)) per le opere di tipo puntuale e infrastrutture lineari e a rete, nonché gli altri interventi per adeguamento funzionale, tecnico, tipologico e normativo individuati ai sensi della DGR n. 966 del 12/07/2019 e s.m.i. (Approvazione delle tipologie e delle caratteristiche degli interventi edilizi e delle trasformazioni urbanistico-territoriali nelle zone dei piani regolatori generali, ai sensi dell'articolo 59, comma 4, della legge regionale 6 aprile 1998, n. 11);

c) Lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria della sovrastruttura stradale delle relative opere ad essa connesse che non comportano un allargamento della sede stradale. Con tale termine si intendono a titolo esemplificativo e non esaustivo, la realizzazione di cunette, attraversamenti, pozzetti e il rifacimento dei muri (quando non si realizzi un aumento dell'ingombro degli stessi e una maggiore incisione del versante);

d) Realizzazione e manutenzione di reti tecnologiche, idriche e fognarie lungo la rete viaria esistente (se all'interno del manufatto stradale);

e) Opere di sistemazione idrogeologico-forestale, realizzate dalle strutture regionali competenti in materia di sistemazioni idrauliche e di versante, demanio idrico e attività geologiche (es. opere paramassi, paravalanghe, arginature, briglie, valli, ecc.);

f) Interventi di ordinaria manutenzione e adeguamento funzionale di opere pubbliche già esistenti (es. ponti, strade, linee elettriche di bassa tensione, muri, drenaggi, fossi, ecc.);

g) Interventi disposti in via d'urgenza, ai sensi dell'articolo 5, commi 2 e 5, della legge 24 febbraio 1992, n. 225 e s.m.i. (Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile), al solo scopo di salvaguardare l'incolumità delle persone e di mettere in sicurezza gli immobili da un pericolo imminente o a seguito di calamità;

h) Interventi riconducibili alle normali pratiche agronomiche di messa a coltura, compresa la realizzazione di impianti di colture specializzate, eseguiti su terreni agrari inferiori al 25% di pendenza.

In considerazione delle problematiche rilevate e del grado di rischio individuato, l'opera, una volta eseguiti i lavori in progetto, presenta una bassa vulnerabilità e risulta conforme con il vincolo idrogeologico.

21. PRECAUZIONI PROGETTUALI E MODALITÀ OPERATIVE

Per quanto riguarda le problematiche relative alle diverse fasi di coltivazione si dovranno seguire le seguenti avvertenze, oltre a quelle precedentemente riportate:

In fase di coltivazione

- attenersi alle limitazioni imposte dall'analisi di rischio;
- valutare le soluzioni tecniche più idonee per risolvere le problematiche connesse all'avanzamento per garantire la massima sicurezza al personale di cantiere;
- porre particolare attenzione allo stato dei piazzali e delle piste, perché ogni eventuale sversamento di idrocarburi legato al passaggio o allo stazionamento dei mezzi meccanici presenti venga rimosso con tecniche adeguate e segnalato al Comune di Issogne;
- eseguire la manutenzione dei macchinari di cava;
- addestrare il personale alla corretta gestione delle macchine, ad operare nel caso di sversamenti accidentali e alla salvaguardia delle acque dalla contaminazione;
- gestire correttamente i carburanti e dei rifiuti di cava (oli, filtri, ecc.);
- gestire come rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06 tutti i materiali non più utili e utilizzabili per l'attività di cava, quali ad esempio oli e filtri di aria/olio usati, o batterie esauste, o macchinari, pneumatici e fusti non più utilizzabili, o imballaggi, allontanandoli dalla cava e assicurandone il loro corretto smaltimento;
- individuare nell'ambito del progetto di coltivazione, una o più aree adibite al deposito temporaneo dei rifiuti prodotti, distinti per categoria omogenea ed adeguatamente identificati;
- separare le aree di deposito temporaneo dei rifiuti da quelle utilizzate per lo stoccaggio dei materiali escavati;
- effettuare, il riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo, limitando allo stretto necessario gli attingimenti di acque esterne;
- pulire regolarmente i piazzali e le aree di lavorazione;
- limitare lo spolveramento di tutte le superfici di scavo e di lavorazione con l'uso di bagnature,
- mantenere una distanza di sicurezza dal bordo dello scavo da parte delle macchine di movimento terra;
- nell'attività a regime, procedere alle lavorazioni secondo lo schema previsto precedentemente.

In fase di ripristino ambientale

- seguire scrupolosamente quanto riportato nella relazione pedologica;
- mantenere una distanza di sicurezza dal bordo dello scavo da parte delle macchine di movimento terra;
- evitare di modificare la rete di deflusso delle acque superficiali esistente;
- progettare con cura gli interventi di messa in sicurezza dei fronti di scavo e di corretto riassetto geomorfologico al fine di limitare l'erosione idrometeorica;

- definire procedure dettagliate di accettazione dei materiali (adottare un registro in cava dei materiali in ingresso con quantitativi, provenienza e destinazione, analisi chimiche...);
- utilizzare esclusivamente materiale caratterizzato e rientrante nei limiti previsti dalla Colonna A della Tabella 1 del D.Lgs 152/2006, Allegato V al Titolo V della Parte quarta;
- provvedere nei settori oggetto di intervento al rapido inerbimento con le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

Se durante gli scavi dovessero esserci delle discrepanze rispetto a quanto descritto precedentemente, si dovrà procedere ad una ulteriore indagine geognostica; si invita pertanto il Direttore dei Lavori ad informare il sottoscritto sull'andamento degli stessi.

22. CONCLUSIONI

In relazione a quanto esposto, tenendo conto delle modalità esecutive e delle precauzioni consigliate, non si rilevano elementi geologici e geotecnici tali da impedire la coltivazione ed il recupero ambientale della cava.

Aosta, febbraio 2024



23. ALLEGATI

➤ ALLEGATO A:

- Relazione pedologica

➤ ALLEGATO 1:

- Carte tematiche in scala 1:2000 su CTR o piano quotato a curve di livello opportunamente rilevato:
 - 1.1 Carta geologica e geotecnica
 - 1.2 Carta idrogeologica
 - 1.3 Carta uso attuale del suolo
- 1.4 Sezioni tematiche